Das populäre Magazin für Astronomie und Raumfahrt

März/April 2003
€ 5,50 / 13,20 sFr

ASTRONOMIE HEUTE

SKY & TELESCOPE
DEUTSCHE AUSGABE
WWW.ASTRONOMIE-HEUTE.DE

EINFÜHRUNGSPREIS € 5,50

PLANETEN

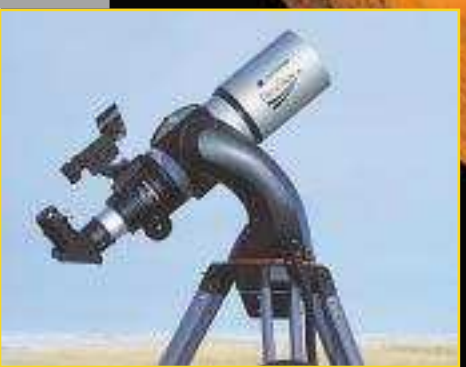
EXPRESS ZUM MARS

Roboter »Beagle 2« bohrt sich in den Roten Planeten

KOSMOS
Wasser im All

GIGANTEN
Neue Hightech-Riesenteleskope

TESTBERICHT
Go-to-Teleskope für Einsteiger



STERNHIMMEL: Im März und April / **KREBS-NEBEL:** Kosmisches Kraftwerk / **NEWCOMER:** Der Kometenjäger Hönig / **SOFTWARE:** PC-Planetarium / **KIPPENHAHNS STERNSTUNDE**

D60463
01
4 196046 305509

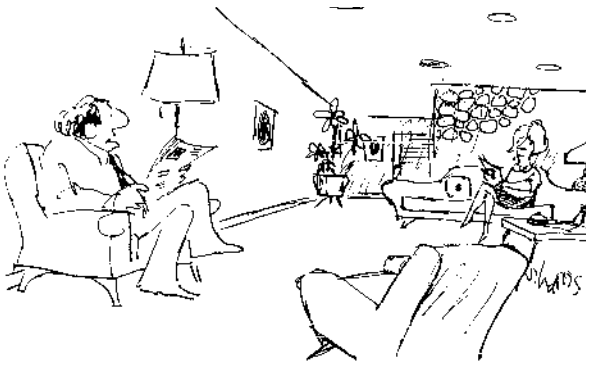
Reinhard Breuer
Chefredakteur

Neuer Stern am Zeitschriftenhimmel

Herzlich Willkommen, liebe Leserinnen und Leser! Was Sie in der Hand halten, ist ASTRONOMIE HEUTE, das neue populäre Magazin für Astronomie und Raumfahrt, die deutsche Ausgabe von »Sky & Telescope«! Das erste Heft ist – wie immer bei neuen Magazinen – Angebot und Versprechen.

Was bietet ASTRONOMIE HEUTE? Weltraum-Begeisterte, Hobby-Astronomen und solche, die es werden wollen, finden hier alle wesentlichen Themen, verständlich aufbereitet: Das Neueste über unsere kosmische Umgebung – über das Planetensystem und unsere Galaxis sowie die aufregendsten Objekte im Kosmos. Außerdem: viele Tests und Tipps für die praktische Himmelsbeobachtung.

So testen wir für Sie in dieser Ausgabe im »Feldstecher-Abc«, wie Sie mit einfachsten Mitteln vom Balkon aus oder durchs Dachfenster faszinierende Vorgänge am Nachthimmel verfolgen können (Seite 76).



Prominente Astronomen präsentieren Ihnen in jedem Heft den Zauber ihrer himmlischen Favoriten – wie Harald Lesch, der bekannte Astro-Talker und Professor aus der »Space Night« des Bayerischen Rundfunks. Außerdem finden Sie in unserem Ressort Szene interessante Porträts und Interviews mit Amateuren, denen – wie dem Kometenjäger Sebastian Hönig – eine besondere Entdeckung geglückt ist. Als Service halten wir Sie über den Fortgang großer Weltraumprojekte auf dem Laufenden: So startet im kommenden Juni der Roboter »Beagle 2«, der dem Marsboden seine Geheimnisse entlocken soll (Seite 24).

ANZEIGE

Ich lade Sie herzlich ein, bei ASTRONOMIE HEUTE mitzumachen: Schicken Sie uns Ihre besten Astrofotos! In jeder Ausgabe wollen wir die schönsten Einsendungen abdrucken. Teilen Sie uns und den anderen Lesern auch unbedingt mit, wie Ihnen diese »ganz besondere Aufnahme« gelungen ist.

Wer sind die Macher von ASTRONOMIE HEUTE? Mit der Qualität unseres Mutterblatts »Spektrum der Wissenschaft« wird Ihnen ein Team junger Redakteure, die selbst in der Amateurastronomie-Szene zu Hause sind, die Themen präsentieren. Dies geschieht in enger Kooperation mit unseren amerikanischen Kollegen von »Sky & Telescope«, dem weltweit führenden Magazin für Amateurastronomie. Steigen Sie ein ins Heft und lassen Sie sich verführen!

INHALT

Astro-News 10
> Schwarze Löcher im Doppelpack
> Rasender Riesenstern u.a.

Mission Update 16
> Besuch bei »Annefrank«
> Blick ins Gamma-All u.a.

▶ **Moleküle des Lebens** 18
Auf der Suche nach Wasser im Weltraum

▶ **Express zum Mars** 24
Beagle 2 – Europas Mars-Premiere

▶ **Auftritt der Giganten** 32
Entdeckungen mit neuen Teleskopen verändern unser Verständnis vom Weltall

Kaleidoskop 40
Der Pferdekopfnebel

SKYLINE

Highlights am Himmel 42
Das Zodiakallicht – geisterhaftes Halsband der Sonne

Kleinteleskope 46
Der vergessene Entdecker

Deep Sky 48
Die großartigen Zwillings-Galaxien

Fokus 50
Orions prachtvolles Gefolge

▶ **Planetarium** 51
Mond und Planeten im Lauf

Feldstechertipp 55
Die Plejaden

Schauplatz Mond 56
Abstieg in den Krater

SZENE

▶ **Mein Favorit am Himmel** 58
Harald Lesch: Der Krebsnebel

▶ **Newcomer** 60
Der Zufallstreffer

Unterwegs 63
Schwarze Sonne über Afrika

Porträt 66
Odyssee eines Visionärs
Die Ideen des Arthur C. Clarke

Die auf der Titelseite angekündigten Themen sind mit ▲ gekennzeichnet

Moleküle des Lebens

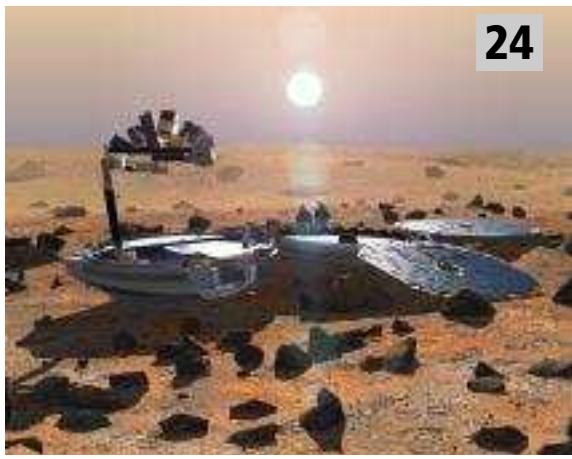
Wasser scheint es überall in der Galaxis zu geben – selbst dort, wo es bislang niemand vermutete

>> Steve Nadis

Orions prachtvolles Gefolge

Am Abendhimmel des Winterquartals findet sich eine großartige Ansammlung himmlischer Superstars

>> Fred Schaaf



Express zum Mars

Alle zwei Jahre kommen sich Erde und Mars auf ihren Bahnen so nahe, dass es Sinn macht, Raumsonden zum Roten Planeten zu schicken

>> Lutz Richter

INHALT

Events 67

▶ Kippenhahns Sternstunde 68
Die Sternscheibe von Nebra

TIPPS&TOOLS

▶ Testreport 70
Eine neue Klasse preiswerter Go-to-Teleskope erobert den Markt

Astronomie durchs Dachfenster 76
Kleines Feldstecher-Abc

Neuheiten 81

Glanzlichter 82

Astrofotografie 86
Die richtige Kleinbildkamera

Computer und Astronomie 92
Die interaktive Sky Chart

▶ Screenshot 96
Redshift 4: das Maß aller Dinge?

Bücher 98
Ahnert gegen Himmelsjahr

Astronomie Online 100
Raum & Zeit aus dem WWW

Editorial 3

Preisrätsel 101

Krupps Corner 102
Das Blinzeln der Sphinx

Vorschau / Impressum 106

86

Kleines Feldstecher-Abc

Welche Geräte taugen wofür und wie holen Sie das Optimum aus ihnen heraus? Einige Gedanken zur Himmelsbeobachtung mit beiden Augen

>> Alan Adler

Der Krebsnebel

Die Astronomie teilt sich in zwei Hälften. In die Untersuchung des Krebsnebels und den Rest

>> Harald Lesch

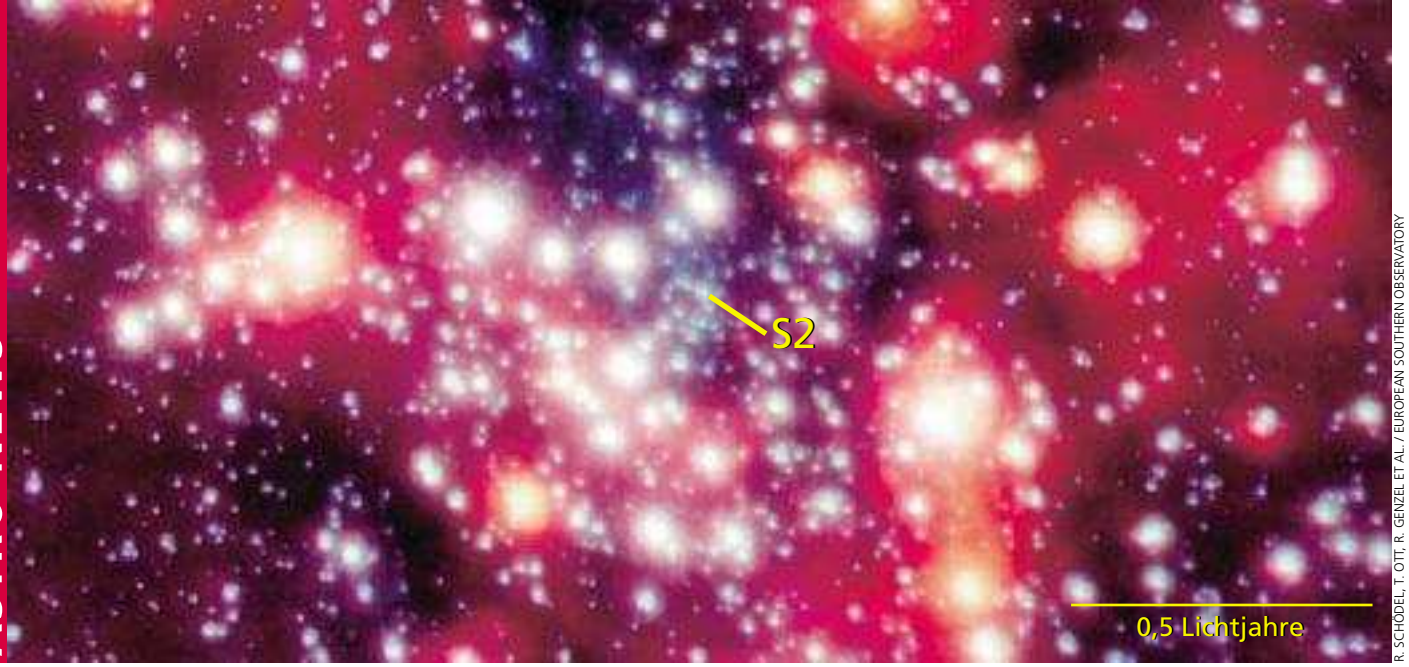
Da waren´s nur noch fünf

Rudolf Kippenhahn über das Siebengestirn der Plejaden

Das Blinzeln der Sphinx

Die Sphinx – die wachsame Hüterin der Pyramiden von Gizeh – wurde zu Ehren der Sonne erbaut. Ihr menschliches Antlitz blickt zum Nilufer.

>> E.C. Krupp



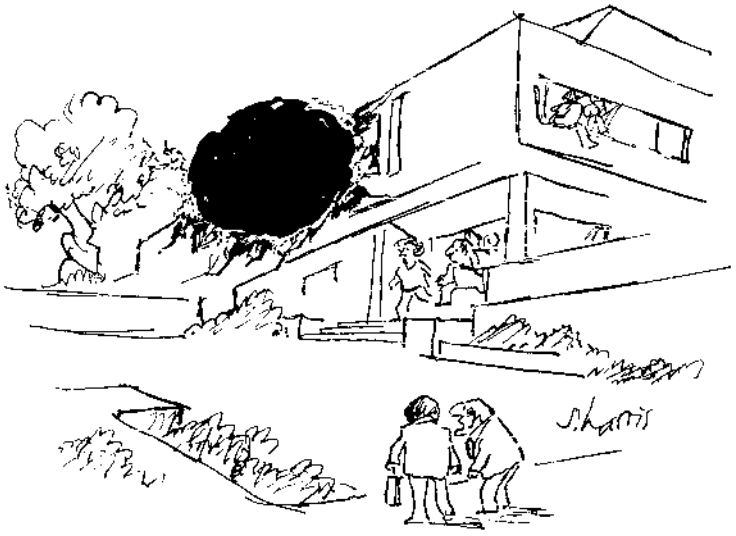
R. SCHÖDEL, T. OTT, R. GENZEL ET AL. / EUROPEAN SOUTHERN OBSERVATORY

Infrarotes Licht aus dem galaktischen Zentrum lässt sich auch von stellarem Staub nicht aufhalten und offenbart zahlreiche Details: Der Stern S2 befindet sich dicht am unsichtbaren Schwarzen Loch im Herzen unserer Milchstraße. Alle Himmelskörper in diesem Bild sind äußerst hell strahlende Riesensterne – schwächer leuchtende Sterne sind auf der Fotografie nicht zu erkennen.

GALAKTISCHES ZENTRUM

Rasender Riesenstern wirbelt um Herz der Milchstraße

Mitten im Herzen unserer Milchstraße hält ein mysteriöses, unsichtbares Himmelsobjekt Tausende von Sternen in seinem Bann. Einer davon – Astronomen nennen ihn S2 – vollführte jüngst eine faszinierende Bewegung: Mit höchster Geschwindigkeit lief er in einer äußerst engen Kurve um ein gigantisches Schwarzes Loch. Rund 2,6 Millionen Sonnenmassen ballen sich in diesem Gravitationsmonster auf engstem Raum. Beobachtungen von S2 erlaubten es jetzt, die Masse des Schwarzen Lochs im Zentrum der Galaxis mit bisher unerreichter Präzision zu bestimmen.



Das für die Messinstrumente der Astronomen unsichtbare Objekt kann nämlich nur indirekt, über seinen Einfluss auf benachbarte Sterne, erforscht werden. Diese Sterne, die das galaktische Zentrum bevölkern, sind jedoch rund 26 000 Lichtjahre von uns entfernt. Der größte Teil ihres Sternenlichts wird auf dem Weg zur Erde von dazwischen liegenden Wolken interstellaren Staubs geschluckt. Doch Infrarottechnik, die für militärische Nachtsichtgeräte entwickelt wurde, erlaubt seit einigen Jahren einen detaillierteren Blick auf die Sterne im Innersten der Milchstraße.

Nun kam den Astronomen auch noch ein glücklicher Zufall zu Hilfe: Von Mitte 2001 bis Mitte 2002 beobachteten Wissenschaftler um Reinhard Genzel vom Max-Planck-Institut für extraterrestrische Physik in Garching, wie S2 an Fahrt gewann. Offenbar bewegte er sich auf einer Umlaufbahn um die Radioquelle Sagittarius A* (Sgr A*, gesprochen »A-Stern«), eine Region, die starke Radiowellenstrahlung aussendet und hinter der sich ein riesenhaftes Schwarzes Loch verbirgt.

Seine enorme Anziehungskraft zwingt S2 auf eine Umlaufbahn, die dieser in gerade mal 15 Jahren durchläuft. Aufgrund der kurzen Zeitspanne gelang es den Astronomen jetzt, sowohl den Punkt der größten als auch den der kleinsten Entfernung zwischen beiden Partnern recht genau zu bestimmen und damit die stark elliptische Umlaufbahn von S2 zu berechnen.

Jetzt ist es also amtlich: S2 rast mit einer Geschwindigkeit von 5000 Kilometern pro Sekunde durch das All – 160-mal schneller als die Erde um die Sonne – und nähert sich Sgr A*

Nasa: Druckfehler gaukelte Schwarzes Loch vor +++ Drei neue Monde des Planeten Neptun +++ Hubble beobachtet Objekte

Vollständige Meldungen unter: www.wissenschaft-online.de

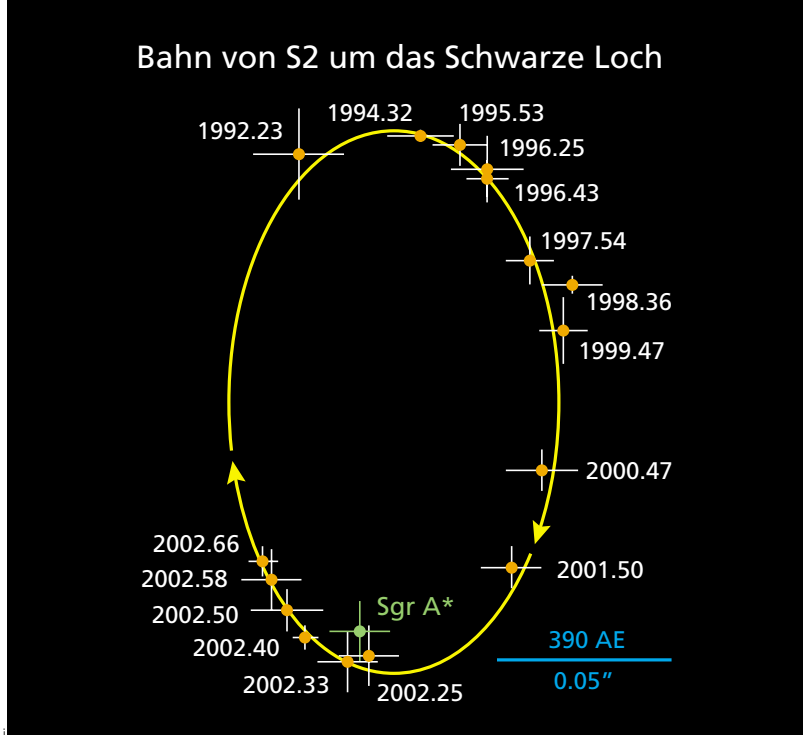
dabei bis auf 17 Lichtstunden, was etwa dem dreifachen Abstand zwischen Sonne und Pluto entspricht.

Aus dieser Entfernung ließe sich das Schwarze Loch sogar mit bloßem Auge erkennen. Trotz der gefährlichen Nähe ist der Sicherheitsabstand von S2 aber immer noch groß genug: Er beträgt das Siebzigfache der kritischen Distanz, bei der ihn die Gravitationskräfte von Sgr A* zerreißen würden. Ohnehin ist das Schwarze Loch nicht so gefräßig wie viele seiner Verwandten: Pro Jahr verschlingt es nur ein Prozent der Erdmasse.

Manche alternative Hypothese über Sgr A* muss nach den neuesten Erkenntnissen der Astronomen wohl begraben werden: So hielt eine Minderheit der Wissenschaftler das dunkle Objekt für einen kompakten Schwarm von mehr als einer Million Neutronensterne oder gar für einen riesigen Klumpen kalter Neutrinos. Diesen Vermutungen widerspricht aber, was andere Forscher bereits im September 2001 zeigen konnten: dass das Objekt nach kosmischen Maßstäben nämlich ein Winzling sein muss.

Die von ihm ausgehende Röntgenstrahlung schwankt mit einer Periode von nur zehn Minuten stark in ihrer Intensität. Aus dieser Beobachtung schließen die Astronomen, dass das Objekt höchstens einen Durchmesser von zehn Lichtminuten haben kann. Das ist etwas mehr als der Abstand zwischen Erde und Sonne. So viel Masse auf vergleichsweise geringem Raum hat aber eigentlich nur ein Schwarzes Loch.

>> Thilo Körkel



NACH: R. SCHÖDEL, T. OTT, R. GENZEL ET AL.

Der Stern S2 kreist in 15 Jahren einmal um Sgr A*. Diese lange Zeit rätselhaft gebliebene Radioquelle im Zentrum der Galaxis markiert die Position eines riesigen Schwarzen Lochs. Zwei Drittel der Umlaufbahn von S2 konnten die Astronomen jetzt vermessen und so dessen Masse präzise mit 2,6 Millionen Sonnenmassen angeben.

KUIPER-GÜRTEL

Eisbrocken am Rand des Sonnensystems

Vor zwanzig Jahren tauchte er zum ersten Mal auf astronomischen Fotografien auf – und wurde glatt übersehen. Jetzt haben ihn Astronomen des California Institute of Technology doch noch entdeckt: Der nach Plutos Entdeckung größte Fund im Sonnensystem ist ein vereister Gesteinsbrocken und hört auf den Namen Quaoar (»kwah-oh-ahr«).

Halb so groß wie Pluto und 42-mal so weit von der Sonne entfernt wie die Erde, verbarg er sich lange vor den Augen der Forscher. Der Grund: Organische Moleküle auf seiner dunklen Oberfläche sind durch heftigen Beschuss mit UV-Strahlung zu einem teerartigen Belag verbacken, der nur zehn Prozent des Sonnenlichts reflektiert.

Als eisiger Brocken zieht Quaoar (hier eine künstlerische Darstellung) im Kuiper-Gürtel seine Bahn.

NASA / GREG BACON (STSCI)

Doch könnte Quaoar Pluto jetzt sogar um seinen Planetenstatus bringen. »Wenn Pluto erst heute entdeckt würde, käme niemand mehr auf die Idee, ihn einen Planeten zu nennen«, so Quaoar-Entdecker Michael E. Brown. Denn vielleicht ist er – ebenso wie Quaoar – einfach ein Objekt des Kuiper-Gürtels. In dieser Zone jenseits der Plutobahn umkreisen Hunderttausende von Felsbrocken die Sonne. Viele Astronomen glauben, dass auch Pluto ursprünglich aus dem Kuiper-Gürtel stammt und erst später, durch einen Zusammenstoß, auf eine sonnennähere Bahn geschleudert wurde. Dies würde auch erklären, warum seine Umlaufbahn stark geneigt ist.

Mit dem Fund von Quaoar, den Brown und sein Kollege Chad Trujillo nach dem Schöpfergott der südkalifornischen Tongva-Indianer benannten, steigt das Interesse am Kuiper-Gürtel. Für Planetenforscher ist er eine Fundgrube, denn hier ziehen steinerne Zeugen aus den ersten Tagen des Sonnensystems seit fünf Milliarden Jahren nahezu unverändert ihre Bahnen und geben wertvolle Hinweise auf dessen Entstehungsgeschichte. Derweil durchforsten Brown und Trujillo den Kuiper-Gürtel auf der Suche nach weiteren kapitalen Funden: Die könnten in Zukunft sogar so groß wie Pluto sein.

>> Thilo Körkel

aus der Frühzeit des Universums +++ Große Methanwolken auf Saturnmond Titan entdeckt +++ Ferner Planet verdunkelt seinen Stern >

GALAXIEN-MERGER

Schwarze Löcher im Doppelpack

Viele Galaxien, darunter auch unsere Milchstraße, beherbergen in ihrer Mitte einen dunklen Schlund, der sämtliche Materie – Gas und Staub – anzuziehen und zu verschlingen droht. Während manche dieser Schwarzen Löcher schon seit Jahrmilliarden hungern, sind andere mitten in ihrem Festmahl und im Röntgenlicht leicht zu erkennen.

Günther Hasinger und Stefanie Komossa vom Max-Plack-Institut für extraterrestrische Physik in Garching gelang es nun mit dem amerikanischen Röntgenstatelliten Chandra, ein Paar von Schwarzen Löchern in einer exotischen Galaxie zu beobachten.

Die sehr helle Galaxie NGC 6240 – etwa 400 Millionen Lichtjahre von der Erde entfernt – fiel den Astronomen bereits in den 1960er Jahren nicht zuletzt wegen ihrer enorm hohen Infrarot-Leuchtkraft auf. Sie ist ein Paradebeispiel für die Verschmelzung zweier Galaxien. Schon ihre ungewöhnliche, auf eine Kollision zurückgehende Schmetterlingsform ließ die Astronomen auf ein turbulentes Innenleben schließen. Frühere Beobachtungen im Radio- und Infrarotbereich sowie im sichtbaren Teil des Spektrums enthüllten bereits die Existenz zweier Kernregionen, deren Natur jedoch rätselhaft blieb. »Mit Chandras scharfem Röntgenblick«, so Stefanie Komossa, »hofften wir herauszufinden, welcher der beiden Kerne ein Schwarzes Loch enthielt. Zu unserer Überraschung stellten wir fest, dass beide aktive Schwarze Löcher sind.« Ein Novum in der Galaxienforschung!

GRAFIK: MPE; OPT. BILD: W. KEEL

Ein tiefer Röntgenblick von Chandra in das Herz von NGC 6240 entlarvte das »Zwillingsloch«.

Doch es kommt noch besser: Derzeit umkreisen sich die beiden Schwarzen Löcher mit Massen von jeweils 10 bis 100 Millionen Sonnenmassen noch im Abstand von etwa 3000 Lichtjahren auf Spiralbahnen. In ferner Zukunft werden sie aber einmal ineinander stürzen und miteinander verschmelzen. Bei dem gewaltigen Zusammenstoß entsteht – so lassen Simulationen vermuten – ein noch viel massiveres Schwarzes Loch. Das enge Umkreisen zweier supermassiver Schwarzer Löcher sollte aber auch zu einem gewaltigen Ausbruch an Gravitationswellen führen, die sich durch das gesamte Universum ausbreiten. Künftige, weltraumgestützte Detektoren wie Lisa (Laser Interferometer Space Antenna) könnten so die schon von Albert Einstein vorhergesagten Gravitationswellen in Zukunft endlich nachweisen.

>> Stephan Fichtner

STERNENTSTEHUNG

Kosmischer Kreißsaal

Warum entdecken Astronomen immer wieder junge Sterne in der äußeren Sphäre unserer Milchstraße, dem Halo, obwohl die Geburtsstätten der Sterne nach gängiger Lehrmeinung in der galaktischen Scheibe beheimatet sein sollen? Neue Beobachtungen am japanischen Subaru-Teleskop und dem Very Large Telescope der Eso konnten jetzt erstmals einen »kosmischen Kreißsaal« auch außerhalb von Galaxien nachweisen. Im 50 Millionen Lichtjahre entfernten Galaxienhaufen Virgo, einer Struktur aus einigen hundert Galaxien, spürten sie eine kleine Wolke hell leuchtenden ionisierten Wasserstoffs auf. Nahezu isoliert liegt sie am äußersten Rand einer Galaxie – und ist doch Ursprung einiger heißer und massereicher junger Sterne. Nur wenige hundert Sonnenmassen schwer, heizen diese die sie umgebende Gaswolke auf, sodass sie für uns sichtbar wird.

WWW.SUBARUTELESCOPE.ORG

Nun müssen die Forscher beweisen, dass solche isolierten Sternpopulationen im Kosmos keine Seltenheit sind. Denn dann könnte ihre Existenz möglicherweise auch die jungen Sterne im Halo unserer Milchstraße erklären.

>> Thilo Körkel

An unerwarteter Stelle bilden sich im Galaxienhaufen Virgo in einer Wasserstoffwolke (kleiner Kreis im Bild oben) junge, heiße Sterne. Im Vordergrund ist die Galaxie NGC 4388 zu sehen.

> **Ungewöhnlich kleine und junge Galaxie entdeckt +++ Riesenplaneten entstehen schneller als angenommen +++ Existieren**

Vollständige Meldungen unter: www.wissenschaft-online.de

ERD-TROJANER

Zweiter Mond der Erde

Forscher der kanadischen Athabasca University haben einen Kleinplaneten entdeckt, der auf einer erdähnlichen Bahn um die Sonne kreist und sich dabei zeitweise wie ein zweiter Mond der Erde verhält.

Der Kleinplanet 2002 AA29 ist zwar nur etwa hundert Meter groß – himmelsmechanisch gesehen aber eines der interessantesten Objekte im Sonnensystem: Er hat einen fast kreisförmigen Orbit mit einer Umlaufzeit von einem Jahr und bewegt nahezu sich auf der gleichen Bahn wie die Erde um die Sonne. Seine Bewegung wird deshalb nicht nur von der Sonne, sondern auch von der Erde stark beeinflusst.

Himmelskörper mit gleichen Umlaufzeiten kennt man bereits seit vielen Jahren von Jupiter: Die »Trojaner« sind Kleinplaneten auf der Jupiterbahn, die dem Gasriesen jeweils 60 Grad vorauseilen oder hinterherlaufen und Namen von Persönlichkeiten aus dem trojanischen Krieg tragen. In der letzten Zeit fand auch bei einigen Saturnmonden sowie bei Mars und sogar bei Neptun Trojaner.

Im Jahr 1998 entdeckten Forscher mit dem Kleinplaneten »3753 Cruithne« den ersten Erd-Trojaner, dessen Umlaufzeit um die Sonne auch genau ein Jahr beträgt und dessen Bahn ebenfalls in besonderer Beziehung zur Erde steht. Cruithne besitzt allerdings eine sehr große Exzentrizität, eine hohe Bahnneigung und weicht in seiner Geometrie sehr stark von der Erdbahn ab. Cruithne kann daher nicht mit dem jetzt entdeckten 2002 AA29 verglichen werden.

PAUL WIEGERT

Auf Spiralbahnen folgt der Kleinplanet 2002 AA29 der Erdbahn und kommt unserem Planeten dabei in Abständen von rund 1200 Jahren recht nahe.

Die Bahn von 2002 AA29 nennt man »co-orbital«, denn beide Himmelskörper teilen sich dieselbe Bahn und kommen sich sogar gelegentlich sehr nahe. Dann setzt aber ein besonderer Mechanismus ein, der eine folgenschwere Kollision verhindert: Am 9. Januar 2002 - dem Zeitpunkt seiner Entdeckung – war 2002 AA29 noch sechs Millionen Kilometer von der Erde entfernt und lief ihr auf seiner Bahn um etwa 2,5 Grad voraus. Auf seiner etwas weiter außen liegenden Umlaufbahn, war er dabei ein wenig langsamer als die Erde. Wenn diese sich nun auf der schnelleren Innenbahn nähert, verliert der Kleinplanet durch die Erdanziehungskraft Energie und fällt auf eine niedrigere Umlaufbahn. Auf dieser ist er dann wieder etwas schneller, läuft der Erde immer weiter voraus, bis er sie nach 95 Jahren von hinten einholt.

Dann beginnt dasselbe Schauspiel wieder von vorn, diesmal aber mit umgekehrten Vorzeichen: Der Kleinplanet gewinnt beim Einholen von hinten durch die Erdanziehungskraft immer mehr an Energie und wird dadurch auf eine höhere Bahn gehoben, auf der er dann langsamer wird und schließlich immer weiter hinter der Erde zurückbleibt. Betrachtet man diese Bewegung in einem Koordinatensystem, das sich mit der Erde um die Sonne dreht, so beschreibt der Kleinplanet also eine hufeisenförmige Bahn.

Am 8. Januar 2003, also ein Jahr nach seiner Entdeckung, durchlief 2002 AA29 den Umkehrpunkt seiner Hufeisenbahn und kam der Erde dabei bis auf 5,8 Millionen Kilometer nah, was etwa der 15fachen Mondentfernung entspricht. Seitdem entfernt er sich wieder und es wird weitere 95 Jahre bis zum nächsten Rendezvous dauern.

Doch der Kleinplanet hält noch eine weitere Überraschung parat: So ergaben Berechnungen, dass er sich nicht immer auf seiner Hufeisenbahn bewegt, sondern zeitweise zu einer Art zweitem Erdmond wird.

Nach einigen Begegnungen mit der Erde verändert sich die Bahn des Kleinplaneten nämlich so, dass sein sonnennächster Bahnpunkt (Perihel) zwischen Erde und Sonne, der sonnenfernste Punkt (Aphel) aber außerhalb der Erdbahn zu liegen kommt. 2002 AA29 bewegt sich dann auf einer elliptischen Umlaufbahn mit einer Periode von einem Jahr um die Sonne und hält sich dabei stets in unmittelbarer Nachbarschaft der Erde auf. Er ist dabei aber nicht wie ein normaler Mond gravitativ an sie gebunden und seine Bewegung um die Erde entspricht auch nicht einer Keplerbahn. Solche Objekte nennt man »Quasi-Satelliten«. 2002 AA29 ist ein Bilderbuchfall für ein solches Phänomen.

Zurzeit ist 2002 AA29 allerdings kein Quasi-Satellit der Erde. Aus Berechnungen weiß man, dass er sich zuletzt im Jahr 572 n. Chr. in diesem Zustand befand und sich in den Jahren 2575 und 3855 wieder an die Erde heranpirschen wird. Dann wird er sich für etwa fünfzig Jahre wie ein Trabant der Erde verhalten und danach wieder in eine Hufeisenbahn übergehen.

Seine mittlere Entfernung zur Erde beträgt während dieses Zeitraums etwa 29 Millionen Kilometer, das entspricht der 75fachen Mondentfernung. Berechnungen haben ergeben, dass 2002 AA29 in den nächsten paar tausend Jahren der Erde nicht näher als 4,5 Millionen Kilometer (etwa das Zwölffache der Mondentfernung) kommen wird und damit auch keine unmittelbare Gefahr darstellt. Danach werden die Berechnungen ungenau – eine Kollision kann also nicht vollständig ausgeschlossen werden.

>> Rainer Riemann

unbekannte Neutrinos? +++ Simultane Eruptionen auf gegenüberliegenden Sonnenseiten +++ 21. Uranusmond entdeckt >

KOSMOLOGIE

Urahn aller Sterne

Schon seit langem fahnden die Astronomen nach den ältesten Mitgliedern der Sternfamilie. Jetzt haben sie erstmals einen Himmelskörper entdeckt, der der ersten Sterngeneration sehr nahe kommt.

HE 0107-5240 – »HE« steht für »Hamburg / Eso«-Durchmusterung, die Ziffernfolge gibt seine Position am Himmel an – ist die Bezeichnung eines schwachen, mit dem bloßen Auge gar nicht sichtbaren Sterns, der rund 36 000 Lichtjahre von der Erde entfernt im südlichen Sternbild Phönix steht. Aufgefallen war er den Astronomen bei einer großflächigen Durchmusterung des Südhimmels – dem besagten »Hamburg-Eso-Survey« (HES), die eigentlich die Suche nach fernen Quasaren zum Ziel hat. Bei dieser Suche gehen immer wieder mal seltsame Sterne ins Netz: so wie eben HE 0107-5240.

Ein Astronomenteam um Norbert Christlieb von der Hamburger Sternwarte entdeckte auf Spektralaufnahmen des 8,2-Meter-Very-Large-Telescope der europäischen Südsternwarte Eso, dass HE 0107-5240 fast ausschließlich aus den beiden leichten Elementen Wasserstoff und Helium besteht. Alle schwereren Elemente – von den Astronomen als »Metalle« bezeichnet – sind auf ihm 200 000-mal geringer vertreten als auf der Sonne.

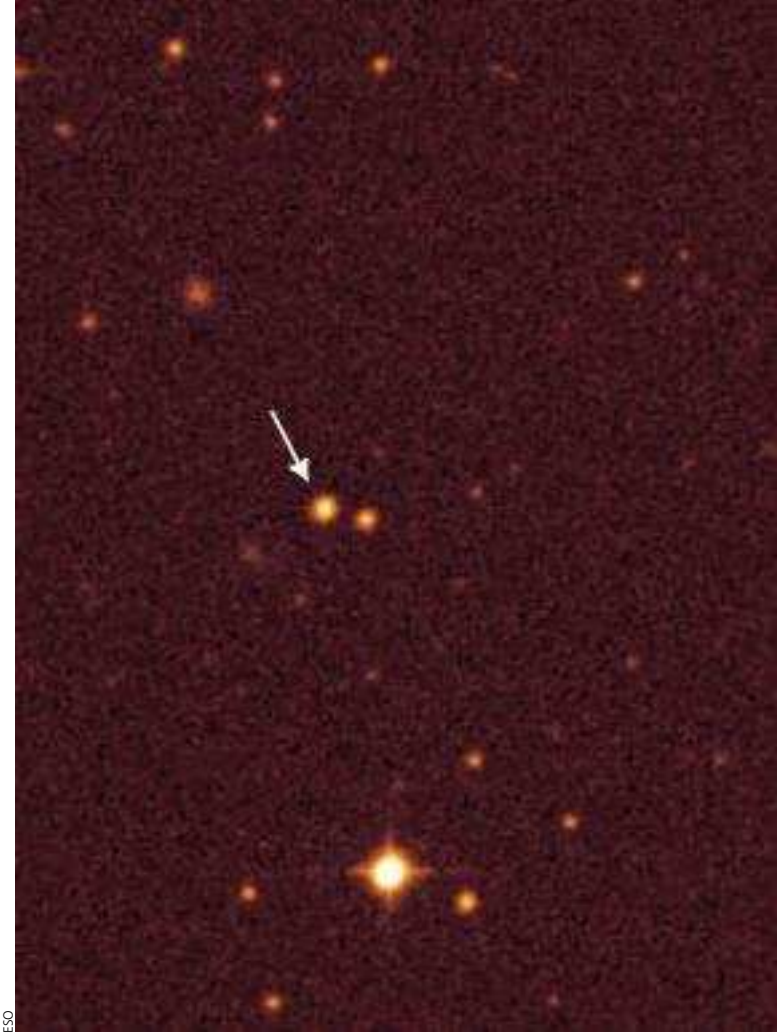
Warum ist das nun so etwas Besonderes? Beim Urknall entstanden nach der gegenwärtig vorherrschenden Meinung nur Wasserstoff und Helium sowie geringe Mengen an Lithium. Alle anderen Elemente wurden erst später im Innern von Sternen durch Kernfusion erzeugt. Sternwinde und Supernova-Explosionen gaben diese später wieder an das interstellare Medium ab, wo sie neuen Sterngenerationen auch heute noch zur Verfügung stehen. Im Laufe der Entwicklung des Universums reicherte sich die Materie dadurch immer mehr mit schweren Elementen an.

Sucht man nach Sternen der ersten Generation, hält man nach Objekten mit geringem Metallgehalt Ausschau. Diese Sterne müssen schon vor sehr langer Zeit entstanden sein, als es noch keine schwereren Elemente im interstellaren Medium gab. Die allerersten Sterne, die gleich nach dem Urknall vor rund 13 bis 18 Milliarden Jahren entstanden, besaßen außer Lithium noch überhaupt keine Metalle. Solche Sterne sind für die Astronomen deswegen interessant, da man hier sozusagen jungfräuliche Materie vor sich hat, deren Untersuchung neue Erkenntnisse über die Entstehung der Welt liefern könnte. Die Sonne wie auch die meisten Sterne in unserer Umgebung besitzen trotz ihres Alters von etwa 4,5 Milliarden Jahren praktisch den gleichen Metallgehalt wie die heutige interstellare Materie. Zwar beträgt ihre Lebenserwartung »nur« etwa zehn Milliarden Jahre, masseärmere Sterne könnten jedoch erheblich länger leben, als die Welt alt ist. Es sollten theoretisch also noch einige Sterne der ersten Generation auffindbar sein.

Da die Astronomen lange Zeit keine entsprechenden Objekte fanden, folgerten sie, dass zu Beginn des Universums keine langlebigen, massearmen, sondern nur kurzlebige, massereiche Sterne entstanden sein konnten. Hierfür gibt es sogar theoretische Gründe: Um zu entsprechend kleinen Klumpen zu zerfallen, aus denen jeweils massearme Sterne entstehen, muss das interstellare Gas ausreichend gekühlt werden, andernfalls kommt die Schwerkraft nicht gegen den Gasdruck an. Kühlung erfolgt aber durch die Emission von Strahlung, die dem Gas Energie entzieht. Ein Gas kann umso besser abstrahlen, je mehr schwere Elemente es enthält. Bei massereichen Sternen aus entsprechend großen Brocken interstellarer Materie gewinnt dagegen die Schwerkraft schnell die Oberhand.

HE 0107-5240 könnte diese Annahmen nun widerlegen. Mit ihm haben die Astronomen einen neuen Rekordhalter gefunden, dessen »Metallizität« noch zwanzigmal geringer ist als bei dem bisher metallärmsten Stern. Seine Masse wird dabei auf ungefähr vier Fünftel der Sonnenmasse geschätzt. Der bisher »ursprünglichste« Stern – mit 14 bis 15 Milliarden Jahren ist HE 0107-5240 vielleicht der betagteste Stern überhaupt – könnte jedenfalls viele Modelle der Astronomen über die Sternentstehung in Frage stellen.

>> Matthias Hünsch



ESO

HE 0107-5240 ist ein Stern 16. Größe im Sternbild Phönix und besteht fast nur aus Wasserstoff und Helium. Alle schwereren Elemente sind auf ihm 200 000-mal geringer vertreten als auf der Sonne.

> Mount Stromlo Observatory wird Opfer der Buschbrände um Canberra +++ Europäisches Astrophysical Virtual Observatory eröffnet +++

Vollständige Meldungen unter: www.wissenschaft-online.de

INTERFEROMETRIE

Geballte Teleskop-Power

ESO / MPIA

Die vier 8,2-Meter-Teleskope des VLTI. Die weißen Linien markieren den Strahlengang, der weiße Stern das Optik-Labor des Interferometers.

Je größer der Durchmesser eines Fernrohrs, desto schärfer kann es sehen. Diese einfache Regel aus der Optik kann in der Praxis enorme Probleme bereiten, schießen die Kosten für ein Teleskop mit dessen Größe doch explosionsartig in die Höhe. Seit rund hundert Jahren kennen die Astronomen jedoch einen Trick, der es ihnen erlaubt, auch mit kleinen Teleskopen eine hohe Winkelauflösung zu erreichen und damit besonders scharf zu sehen: Sie beobachten mit mehreren Geräten in möglichst großem Abstand voneinander dasselbe Objekt und führen die Lichtwege dann zusammen.

Der Fachbegriff hierfür ist »Interferometrie«. Bei den Großteleskopen hatten bisher die beiden Keck-Fernrohre auf Hawaii knapp die Nase vorn. Doch nun schickt sich das europäische Very Large Telescope Interferometer (VLTI) in Cerro Paranal (Chile) an, die Führung zu übernehmen. Mitte September 2002 konnten während zweier Nächte die Strahlengänge aller vier 8,2-Meter-Teleskope erstmals paarweise gekoppelt werden. Theoretisch hatte das System in diesem Moment eine Winkelauflösung von drei Millibogensekunden – das entspricht 1/600 000stel des Vollmond-Durchmessers. Im Dezember letzten Jahres gelangen dann mit »Midi« (Mid-Infrared Interferometric Instrument) die ersten Aufnahmen von Interferenzstreifen des Sterns Epsilon Carinae (ε Car): ein schlagender Beweis für das perfekte Zusammenspiel aller Komponenten des VLTI.

VLTI misst Durchmesser von Proxima Centauri

»Antu« und »Melipal«, zwei der 8,2-Meter-Teleskope, wurden bereits im Herbst 2001 erstmals für Testmessungen zusammengeschaltet. Die dabei gewonnenen Daten wurden Astronomen in aller Welt zur Auswertung überlassen. Wissenschaftler vom Canada-France-Hawaii-Telescope (CFHT), der Eso und des Observatoire de Genève haben dafür eigens ein Computerprogramm entwickelt, mit dessen Einsatz sie jetzt den genauen Durchmesser des kleinsten Partners im Alpha-Centauri-Dreifachsystem (α Cen) angeben können.

»Proxima Centauri«, ein Roter Zwerg, hat demnach einen Durchmesser von nur 100 000 Kilometer. Das ist das Eineinhalbfache des Jupiters und ein Siebtel der Sonne. Er ist übrigens in 4,2 Lichtjahren Entfernung der nächste Stern außerhalb unseres Sonnensystems.

Ist ein Stern am Himmel punktförmig, so überlagern sich die Wellenzüge seines Lichts nahezu perfekt und es entsteht ein klares Muster aus hellen und dunklen Linien – die Interferenzstreifen oder kurz Fringes (Fransen). Ist das Himmelsobjekt räumlich ausgedehnt, verschwimmen die Fringes zunehmend und ihr Kontrast wird geringer: In ihnen stecken Informationen über winzige Strukturen des Objekts, die man mit keiner anderen Technik beobachten kann.

Mit der neuen Generation abbildender Interferometer sollen endlich auch zweidimensionale Bilder möglich sein, die genau so einfach zu lesen sind wie einst die klassischen Himmelsfotografien. Hierfür benötigen die Astronomen mehrere große Teleskope, die in Abständen von einigen hundert Metern miteinander gekoppelt werden. Aufwendige optische Systeme zur Zusammenführung der Lichtwege sowie ausreichende Computerpower für die Berechnung zweidimensionaler Bilder sind absolute Voraussetzung.

In den vergangenen Jahren sind viele neue Teleskope der Acht- bis Zehn-Meter-Klasse in räumlicher Nähe zueinander entstanden: darunter die zwei Keck-Teleskope auf dem Mauna Kea in Hawaii sowie die vier Teleskope des Very Large Telescope (VLT) in Chile.

Und die nächsten Meilensteine sind bereits in Sicht. So wird dieses Jahr das erste von mehreren kleinen Hilfsteleskopen mit 1,8 Meter Durchmesser (siehe Bild oben) zwischen den Acht-Meter-Giganten des VLT aufgestellt. Mit diesen Zusatzteleskopen können die Interferometrie-Experten experimentieren, ohne die Großteleskope zu blockieren. Später verhelfen sie dem Gesamtsystem zu besseren Bildern. In Zukunft soll das VLT auch eine so genannte adaptive Optik erhalten, die der Luftunruhe in der Erdatmosphäre mit Hilfe superschnell beweglicher Spiegel entgegenwirken und die Empfindlichkeit des Interferometers noch einmal verhundertfachen soll. Auch »Amber« (Astronomical Multiple Beam Recombiner) nähert sich der Fertigstellung. Mit ihm sollen zum ersten Mal die Strahlengänge dreier Teleskope überlagert und zur Interferenz gebracht werden – ein entscheidender Schritt auf dem Weg zu zweidimensionalen Bildern.

>> Daniel Fischer

Magnetfeld kann Bedingungen in Neutronensternen simulieren +++ Bronzezeitliche Himmelsscheibe war vermutlich dunkelbraun >

Das »Webb Space Telescope« in einer künstlerischen Darstellung. Sein 6,5 Meter großer Spiegel besteht aus 36 sechseckigen Elementen.

NASA

GEWIDMET

Das Webb-Weltraumteleskop

Nach langer Zeit der Vorbereitung hat die amerikanische Weltraumbehörde Nasa den Bau des Hubble-Nachfolgers »Next Generation Space Telescope« (NGST) bekannt gegeben. Gewinner der Ausschreibung mit einem Volumen von 825 Millionen Dollar ist die Firma TRW Inc., die sich diesmal gegen den Hubble-Hauptauftragnehmer Lockheed Martin durchsetzen konnte.

Neu ist auch der Name des Teleskops: Das »James Webb Space Telescope« (JWST) ist dem Nasa-Geschäftsführer James Webb gewidmet, der von 1961 bis 1968 an der Spitze der Behörde stand. Webb, der im Jahr 1992 starb, führte die Nasa nicht nur durch das Apollo-Mondprogramm, sondern verantwortete auch die erste Welle interplanetarer Raumsonden. Auch verteidigte er das noch junge Weltraumprogramm gegen die Absicht der Kennedy-Regierung, alle Mittel zugunsten des Apollo-Programms zu streichen.

Überrascht von der Namensgebung zeigten sich viele Wissenschaftler, da große Forschungssatelliten bisher immer nach Forschern und nicht nach Wissenschaftsmanagern benannt wurden. Lyman Spitzer, der Astronom, der das Konzept eines Weltraumteleskops seit den 1940er Jahren vorangetrieben hatte, war ein heißer Kandidat für diese Ehrung gewesen.

Nach jetziger Planung soll das Teleskop im Juni 2010 starten. Dann dauert es noch drei Monate, bis es seine endgültige Position im Langrange-Punkt L2 in 1,5 Millionen Kilometer Entfernung auf der sonnenabgewandten Seite der Erde erreicht.

Die Öffnung des Teleskops wird 6,5 Meter (Hubble: 2,4 Meter) betragen. Der nahe und mittlere Infrarotbereich eröffnet dem Teleskop hierbei viel reichere Jagdgründe als der sichtbare Bereich des Spektrums. Objekte des frühen Universums mit hoher Rotverschiebung stehen hierbei genauso auf dem Beobachtungsplan wie die Geburtsregionen von Sternen und Planeten, die oft von Staub verhüllt sind.

Leider wird das JWST nach jetziger Planung nicht in der Lage sein, bewegte Objekte innerhalb des Planetensystems zu beobachten. Da diese sich bewegen, das JWST bisher aber nicht mit einer dazu notwendigen Nachführung ausgestattet ist, wird im Moment über eine entsprechende Zusatzausrüstung diskutiert.

>> Jonathan McDowell und Alan M. MacRobert

GENERALPROBE

Besuch bei »Annefrank«

Am 2. November 2002 flog die amerikanische Raumsonde Stardust in 3300 Kilometer Entfernung am Kleinplaneten »5535 Annefrank« vorbei. Mit einer Länge von acht Kilometern ist er doppelt so groß wie erwartet. Annefrank besitzt eine unregelmäßige Form und ist mit Kratern übersät. Am 2. Januar 2004 trifft Stardust dann auf sein eigentliches Ziel, den Kometen Wild 2. In nur 120 Kilometer Entfernung wird die Sonde dann durch die Gas- und Staubhülle des Kometen fliegen und Staubpartikel einsammeln. Doch Stardust soll auch seinem Namen gerecht werden: Mit einem neuartigen Staubfänger aus Aerogel soll die Raumsonde die im Planetensystem vorhandenen interstellaren Staubkörner einsammeln.

Am Ende der Mission wird die Probe mit einer Rückkehrkapsel zur Erde zurückgeschickt, wo sie am 15. Januar 2006 auf dem Großen Salzsee in Utah (USA) landen soll. Dann werden die Planetenforscher erstmals Kometen- und Sternenstaub aus den Tiefen des Alls in den Händen halten und diesen mit modernen Labormethoden untersuchen können. Auf die Ergebnisse dürfen wir gespannt sein.

>> Rainer Riemann

ROSETTA

Flügellahm

ESA

Das war's dann wohl mit der tollkühnen Reise zum Kometen Wirtanen! Der Grund: Der letzte Fehlstart der neuesten Ariane-5 im Dezember verschiebt die Kometenmission Rosetta auf unbestimmte Zeit. Ein schwerer Schlag für die Esa und für Arianespace, die nur mit ihrer neuen Rakete konkurrenzfähig ist. Jetzt ist Wirtanen außer Reichweite und aus dem Unterfangen, die Sonde auf eine neun Jahre lange Reise zu schicken, wird nun nichts. Rosetta sollte auf dem über 100 000 Stundenkilometer schnellen Kometen landen, Proben analysieren und die Daten zur Erde funken.

Doch ein Start wäre bodenloser Leichtsinn gewesen und hätte – auch im Erfolgsfall – Vertrauen gekostet. Nein, das war ein Rückschlag, aber ein Scheitern war es nicht. Doch aufgeschoben ist nicht aufgehoben. Bald wird Rosetta erneut an den Start gehen – zu einem anderen Kometen, aber kein bisschen weniger tollkühn.

>> Joachim Schüring

+++ Deutsche Forscher messen Magnetfeld der Ozeane per Satellit +++ Beginn der chinesischen Raumfahrt noch in diesem Jahr +++ Satelliten-

Vollständige Meldungen unter: www.wissenschaft-online.de

INTEGRAL

Blick ins Gamma-All

Der europäische Satellit Integral (International Gamma-Ray Astronomy Laboratory) erforscht seit einigen Wochen die energiereichsten Phänomene im Kosmos. Seine vier Messinstrumente sind auf Schwarze Löcher, Neutronensterne, Aktive Galaktische Kerne und auf die rätselhaften Gammastrahlenausbrüche gerichtet, die den Wissenschaftlern seit Jahrzehnten Kopfzerbrechen bereiten. All diese Strahlungsquellen senden Photonen aus, deren Energie von einigen Kiloelektronenvolt (keV) bis zu mehreren Megaelektronenvolt (MeV) reicht – und gehören damit zu den derzeit interessantesten Forschungsobjekten für Astronomen weltweit.

Der auf die Messung von Gammastrahlen spezialisierte Integral-Satellit ist ein Schwergewicht: Vier Tonnen wiegt das jüngste Kind der Esa, das im Oktober vergangenen Jahres mit einer russischen Proton-Rakete in den Orbit flog.

Seither umkreist Integral die Erde einmal alle drei Tage und nähert sich ihr dabei bis auf 10 000 Kilometer. Doch meist bleibt der Satellit dank seiner stark elliptischen Umlaufbahn in viel größerem Abstand, denn erst ab 40 000 Kilometer Höhe macht es überhaupt Sinn, die Messinstrumente einzuschalten, die andernfalls vom Strahlungsgürtel der Erde gestört würden. Seinen erdfernsten Punkt erreicht Integral bei 153 000 Kilometer, rund zwei Fünftel der Strecke bis zum Mond.

Mindestens zwei Jahre lang soll das Hightech-Gerät die Erde umkreisen. Doch der Treibstoff ist für fünf Jahre bemessen. Kommt Integral pannenfrei über die Runden, könnte der Satellit also noch bis zum Jahr 2007 in Betrieb bleiben. Den Forschern käme dies sehr gelegen. Wurde der Nasa-Satellit Compton, der ebenfalls für die Entdeckung von Gammaquellen ausgelegt war, doch im Jahr 2000 wegen technischer Probleme kontrolliert zum Absturz gebracht. Jetzt soll Integral die wissenschaftliche Gemeinde mit Bildern und Spektren versorgen.

Die Erforschung des Kosmos im Gammabereich ist ein technisch anspruchsvolles Unterfangen. So lassen sich Photonen solch hoher Energie nicht mehr mittels Linsen oder Spiegel fokussieren. Die Detektorbauer greifen daher tief in ihre Trickkiste: Sie lassen Gammaphotonen durch so genannte kodierte Masken fliegen, die aus einem nach mathematischen Regelmäßigkeiten berechneten Lochmuster bestehen. Diejenigen Photonen, die die Löcher durchqueren, werfen hinter der Maske ein kompliziertes »Schatten«-Muster auf den Detektor. Mittels eines mathematischen Algorithmus lässt sich dieses wieder in das ursprüngliche Bild zurückrechnen.

Doch die Mühe lohnt sich: Die Analyse energiereicher Gammastrahlen erlaubt es, die physikalischen Prozesse in unmittelbarer Nähe kosmischer Objekte im Detail aufzuklären.

SPI (Spectrometer on Integral) und Ibis (Imager on Board the Integral Satellite) sind die wichtigsten Instrumente auf Integral. Das Gamma-Spektrometer SPI erzielt dank eines auf minus 188 Grad Celsius heruntergekühlten hochreinen Germaniumdetektors eine Energieauflösung, die die seiner Vorgänger auf anderen Satelliten um das 40fache übertrifft. Ibis ist die perfekte Ergänzung zu SPI. Dieser Gammadetektor verfügt über eine geringere Energieauflösung, kann aber die Gammaquellen sehr präzise lokalisieren. Zwei weitere Geräte, die Kamera OMC (Optical Monitoring Camera) und der Röntgendetektor Jem-X (Joint European X-Ray Monitor), schießen Bilder im sichtbaren und im Röntgenbereich und dienen der Eichung der anderen Instrumente.

Besonders wertvoll sind die Ergebnisse der vier Messgeräte, weil sie alle in dieselbe Richtung zeigen: So wird gleichzeitig ein und dasselbe kosmische Ereignis auf verschiedenen Wellenlängen – vom optischen Bereich bis hin zur Gammastrahlung – erfasst.

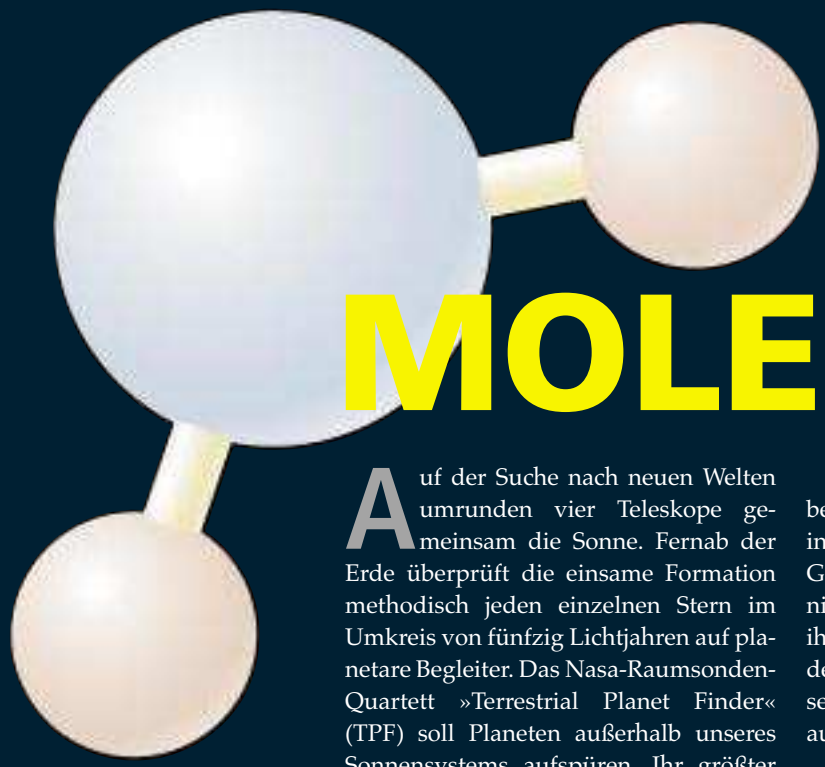
Schon während der ersten Beobachtungen erzielte Integral einen Erfolg, als er einen gewaltigen Gammastrahlenausbruch (Gamma Ray Burst, GRB) erfasste und mit bisher unerreichter Präzision vermaß. Der Ort solcher Ereignisse, die durchschnittlich zweimal pro Tag im Universum stattfinden, lässt sich nicht voraussagen, sodass die Wissenschaftler bei GRBs auf Zufallsbeobachtungen angewiesen sind. Die neuen Satellitenmessungen können nun bei der Klärung der Frage helfen, ob solche bislang rätselhaften Ausbrüche den Kollaps eines fernen Riesensterns signalisieren oder möglicherweise auch die Kollision zweier Neutronensterne.

>> Thilo Körkel

ESA

Durchschnittlich zweimal am Tag hat der Gamma-Satellit Integral die winzige Chance, einen Gammastrahlenausbruch irgendwo im Kosmos zu vermessen (kleine Bilder): Solche gewaltigen Eruptionen dauern nur Minuten oder gar Sekunden an – wo sie stattfinden, ist nicht vorhersehbar.

überwachung des Stromboli +++ Kometensonde Contour endgültig aufgegeben +++ Satellit Astra-1K in den Pazifik gestürzt <<



MOLEKÜLE

Wasser scheint es überall in der Galaxis zu geben – selbst dort, wo es bislang niemand vermutete.

>> Steve Nadis

Auf der Suche nach neuen Welten umrunden vier Teleskope gemeinsam die Sonne. Fernab der Erde überprüft die einsame Formation methodisch jeden einzelnen Stern im Umkreis von fünfzig Lichtjahren auf planetare Begleiter. Das Nasa-Raumsonden-Quartett »Terrestrial Planet Finder« (TPF) soll Planeten außerhalb unseres Sonnensystems aufspüren. Ihr größter Erfolg wäre die Entdeckung eines Zwillingsplaneten der Erde, so groß wie diese und in einer Umlaufbahn um einen sonnenähnlichen Stern. Bis es soweit ist, hat der Terrestrial Planet Finder allerdings noch viel zu tun: Sein Spektroskop muss – auf der Suche nach Wasserdampf, Kohlendioxid, Ozon und Methan, den chemischen Grundbausteinen des Lebens – jede neue Welt einer gründlichen Untersuchung unterziehen.

Noch mag dieses Szenario futuristisch erscheinen. Doch Nasa und Esa, die amerikanische Weltraumbehörde wie auch die europäische Raumfahrtagentur, planen jeweils eine eigene Mission. Trotz der immensen technologischen Herausforderungen läuft der Countdown dafür bereits. Möglicherweise starten die Sonden innerhalb der nächsten zehn Jahre.

Solange muss aber niemand warten, denn die Suche nach den »Molekülen des Lebens« hat längst begonnen. Bescheidenere Beobachtungsstationen im Weltraum analysieren schon jetzt unsere galaktische Nachbarschaft.

In interstellaren Wolken, den Geburtsstätten von Sternen und Planeten, fahnden sie nach den fundamentalen Voraussetzungen für Leben.

»Nahezu alles, was wir in Galaxien beobachten können, hat seinen Ursprung in interstellaren Molekülwolken«, sagt Gary J. Melnick vom Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics (CfA). »In ihnen hoffen wir Anzeichen dafür zu finden, dass die Bedingungen, wie sie in unserem eigenen Sonnensystem herrschen, auch anderswo möglich sein könnten.«

Kosmischer Chemiekasten

Solche Anzeichen kann vor allem die Chemie liefern – insbesondere die des Wassers. Jedes Atom, jedes Molekül und jedes Ion hinterlässt eine unverwechselbare Charakteristik im Energiespektrum. Mit Hilfe der so genannten Spektrallinien analysieren die Wissenschaftler die Chemie der interstellaren Materie. Wenn Wassermoleküle mit anderen Atomen in einem Nebel aus Gas und Staub zusammenstoßen, wechseln sie in energetisch höhere Zustände. Die so gewonnene Energie strahlen sie anschließend in tausenden verschiedenen Wellenlängen wieder ab. Letztere hängen von der Temperatur und der Dichte der jeweiligen Molekülwolke ab. Jede Wellenlänge erscheint schließlich in Form einer Linie in den Spektren der Astronomen. Um Wasser nachzuweisen und seine Häufigkeit zu bestimmen, genügt bereits eine einzige davon.

Mit der Strategie, Elemente anhand ihrer charakteristischen Strahlung zu bestimmen, spürten Astronomen in den vergangenen Jahrzehnten bereits mehr als 120 Moleküle im interstellaren Raum auf. Manche davon, wie etwa der Wasserstoff, wurden mit Hilfe von Infrarot- >

Aus urheberrechtlichen Gründen können wir Ihnen die Bilder leider nicht online zeigen.

DES LEBENS

Als die Nasa-Raumsonde Galileo im Dezember 1990 an unserem Blauen Planeten vorbeiflog, entdeckte sie reiche Wasservorkommen und eine sauerstoffreiche Atmosphäre mit Spuren von Distickstoffoxid und Methan. Künftige Raumsonden sollen auf Planeten in fremden Sonnensystemen nach Anzeichen für Leben fahnden. Doch es gibt viel einfachere Wege zum Ziel.

> Teleskopen von der Erde aus aufgespürt. Andere wiederum strahlen im sichtbaren Bereich und konnten daher mit optischen Instrumenten entdeckt werden. Die meisten beobachtete man jedoch im Radiowellenbereich des Spektrums. Hier nämlich emittieren die Moleküle den größten Teil ihrer Energie.

Ozeane im 24-Minuten-Takt

Noch vor wenigen Jahren gab es für Astronomen keine Möglichkeit, die Existenz von Wasser und Sauerstoff im Weltraum zweifelsfrei nachzuweisen. Denn Kohlendioxid-, Sauerstoff- und Wasserdampf-Moleküle in der Erdatmosphäre überdeckten die schwache Strahlung aus dem All.

Nur Messungen außerhalb der Erdatmosphäre konnten den sicheren Nachweis erbringen. Hierfür wurden bereits zwei Forschungssatelliten in eine Umlaufbahn um die Erde geschossen: Das Infrared Space Observatory (Iso), das die Esa von November 1995 bis Mai 1998 betrieb, sowie der Submillimeter Wave Astronomy Satellite (Swas), der im Dezember 1998 seinen Orbit erreichte und seine Arbeit noch bis zum Jahr 2004 fortsetzen soll.

Über den Nachweis großer Mengen Wasser in der Orion-Region hinaus sammelte Swas bereits mehr als hundert Spektren aus drei eng umgrenzten Gebieten innerhalb des Nebels (siehe unten).

Zwar ist die Iso-Mission längst beendet, doch ihre Daten liefern immer noch Stoff für neue wissenschaftliche Erkenntnisse. »Wir haben mittlerweile mehr als zwanzig Moleküle entdeckt, die nie zuvor im Weltraum nachgewiesen werden konnten. Selbst Benzol, einen ringförmigen Kohlenwasserstoff, der eine wichtige Zwischenstufe bei der Bildung komplexerer organischer Moleküle darstellt, konnten wir aufspüren«, so Martin Kessler, Projektwissenschaftler bei Iso von 1984 bis 2001. »Wir haben Hunderte von Spektrallinien des Wassermoleküls gefunden.« In Sterngeburtsregionen entdeckte Iso sogar besonders große Mengen an Wasserdampf. Beispielsweise im Orion-Nebel, wo er so schnell produziert wird, dass sich damit all unsere Ozeane im 24-Minuten-Takt mit Wasser füllen ließen. »Ein Großteil des Wassers auf der Erde entstammt ursprünglich solch gigantischen Weltraumfabriken«, erklärt Martin Kessler. Doch auch in Galaxien fand Iso Wasser, ebenso wie in den Riesenplaneten und Kometen unseres eigenen Sonnensystems.

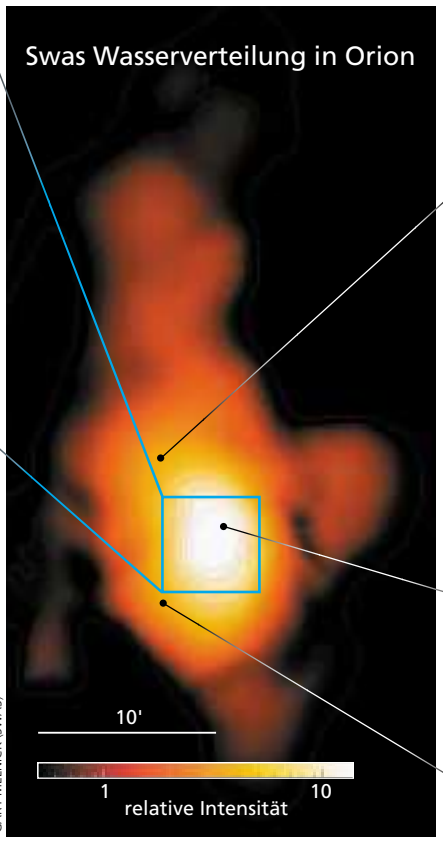
Die beiden Satelliten Iso und Swas haben sich die Arbeit aufgeteilt. Während Iso nach »warmem« Wasser mit Temperaturen zwischen 100 und 200 Kelvin suchte, analysiert Swas die »kalten« Wolken, die den überwiegenden Teil der Materie im All ausmachen, und deren Temperaturen mit 10 bis 20 Kelvin nur knapp über dem absoluten Nullpunkt liegen.

Häufig nimmt Swas dabei dieselben Gebiete wie zuvor Iso unter die Lupe: Statt der heißen Bereiche in Sternnähe, für die die Instrumente an Bord von Iso ausgelegt waren, untersucht Swas vorwiegend die ferneren, kälteren Gebiete der Sterne. Swas beschränkt sich zudem auf einen kleineren Wellenlängenbereich als Iso und erkennt nur die 0,54-Millimeter-Linie des Wasserstoffs. Sie entspricht dem niedrigsten Energieübergang von Wasser und erscheint im Spektrum, wenn ein Wassermolekül im Grundzustand von einem Wasserstoffatom getroffen wird, zu rotieren beginnt und schließlich seine Energie in Form charakteristischer Submillimeter-Strahlung wieder abgibt.

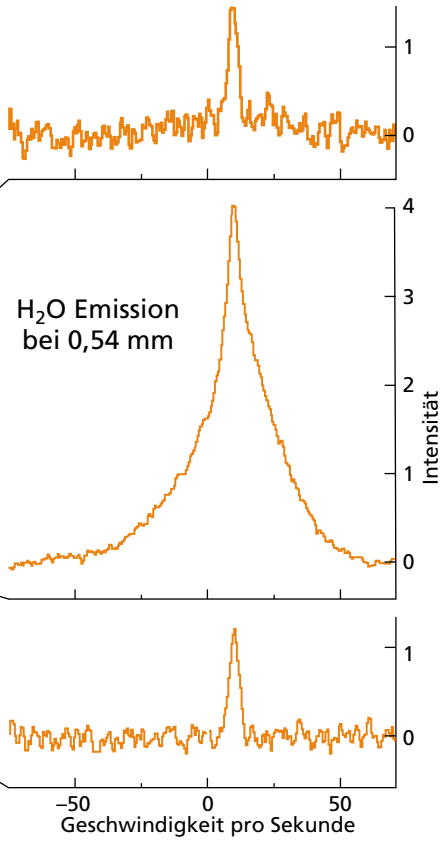
Wasser, überall Wasser!

Neben einigen Kometen und den Atmosphären der Planeten Mars, Jupiter und Saturn hat der Swas-Satellit rund 120 interstellare Molekülwolken untersucht. Diese waren zuvor aufgrund ihrer viel

C.R. O'DELL / STSCI

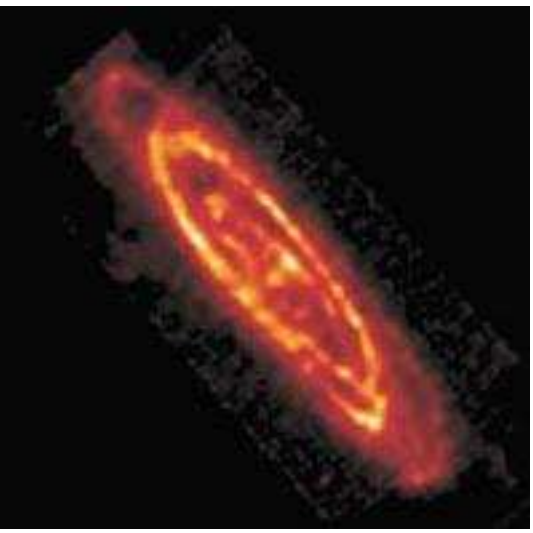


GARY MELNICK (SWAS)



Der Orionnebel ist eine überaus produktive Geburtsstätte für Sterne. In diesem Mosaik aus Bildern des Hubble-Weltraumteleskops haben Astronomen eine große Zahl sich neu entwickelnder Sterne identifiziert. Nahe dem »Trapez des Orion«, einem Quartett junger Sterne (mittleres Spektrum), ist die Spektrallinie des Wassers besonders ausgeprägt und deutet auf große Wasservorkommen hin. Mit zunehmender Entfernung sinkt jedoch dessen Häufigkeit (rechts).

ROBERT GENDLER



EUROPEAN SPACE AGENCY / ISO (LINKS) UND ANGLO-AUSTRALIAN OBSERVATORY (RECHTS)

versprechenden Eigenschaften im Radiobereich ausgewählt worden. Das Ergebnis war beeindruckend: Wie bereits Iso, fand auch Swas »Wasser, überall Wasser«, so Gary Melnick, der wissenschaftliche Leiter der Mission.

Für Christopher F. Chyba, Planetenexperte am Seti Institute im kalifornischen Mountain View, das sich der Suche nach außerirdischer Intelligenz widmet, ist dies ein ermutigendes Resultat: »Die großen Wasserfunde weisen darauf hin«, so Chyba, »dass in weiten Bereichen des Universums eine der zentralen Voraussetzungen für die Entstehung von Leben erfüllt ist. Zumindest dort, wo das Wasser in flüssiger Form vorliegt.« Leben, wie wir es kennen, hängt von der Existenz flüssigen Wassers, organischer Moleküle sowie der Energieerzeugung im Inneren eines Sterns ab. Nach neuesten Erkenntnissen sind diese Voraussetzungen im Universum gar nicht so selten.

Die Vorkommen von Wasser – oder besser seine Allgegenwart im Kosmos – könnten helfen, eines der größten Geheimnisse der Astronomie zu klären: den Mechanismus der Sternentstehung. Stürzen gigantische Wolken aus Gas und Staub unter der Wirkung der Schwerkraft in sich zusammen, so erhitzt sich das Gas und versucht, sich in einer Gegenbewegung auszudehnen. Auf noch unbekannte Weise scheint es sich dann aber wieder abzukühlen, denn sonst käme es nicht zum Kollaps und damit auch nicht zur Geburt neuer Sterne. Melnicks bisherige Erklärung für dieses Phänomen lautet: »Die Atome und Moleküle werden durch die zunehmenden Kollisionen innerhalb der Wolke auf höhere Energieniveaus gehoben.« Moleküle wie Wasser strahlen die ihnen zugeführte Energie anschließend in bestimmten Wellenlängen wieder ab und kühlen auf diese Weise das Gas.

Genau diesen Vorgang hat Swas beobachtet. Vor allem über die frühen Stadien der Sternentstehung liefern seine Messungen wichtige Erkenntnisse. Zu dieser Zeit hat der Kollaps der Wolke gerade erst begonnen und die Kollisionen sind noch nicht so heftig. Vor allem der niedrigste Energieübergang des Wassers ist >

Der Andromedanebel (M 31) (links oben) – allgemein als Zwilling unserer Milchstraße betrachtet – wurde immer für eine typische Spiralgalaxie gehalten. Als Iso unseren galaktischen Nachbarn jedoch im Infrarot-Bereich untersuchte (links unten), wies M 31 überraschenderweise ringförmige Strukturen auf. Der dickste der konzentrischen Ringe erstreckt sich über einen Radius von 30 000 Lichtjahren und besteht aus kaltem Staub mit einer Temperatur von 13 Kelvin. Sowohl das Infrared Space Observatory (Iso) als auch der Submillimeter Wave Astronomy Satellite (Swas) wurden für die Suche nach Wasser in interstellaren Wolken konstruiert. Eine einzige Messung von Swas genügte, um im Reflexionsnebel NGC 6726-27-29 im Sternbild Südliche Krone (rechts) große Mengen an Wasser nachzuweisen.

> zu diesem Zeitpunkt noch häufig zu beobachten, genau der Energiebereich also, auf den Swas spezialisiert ist.

Dennoch bleibt ein Problem: Soviel Wasser Swas auch immer findet, für die meisten Modelle der Stern- und Planetenentstehung ist es nicht genug. In kalten Wolken hat Swas bisher gerade einmal 0,1 bis 1 Prozent der von der Theorie vorhergesagten Mengen entdeckt. Auch gasförmigen Sauerstoff finden die Wissenschaftler viel zu selten. Sauerstoff in Molekülform bleibt gänzlich unauffindbar. Zwar geht Melnick weiterhin davon aus, dass Sterne aus dem Kollaps von Molekülwolken entstehen, »doch die dabei ablaufenden chemischen Prozesse scheinen andere zu sein, als wir bisher annahmen.« Beobachtungen zeigen, dass es in den Wolken an kühlendem Wasser zu mangeln scheint. Die Wissenschaftler fragen sich nun, welche anderen Stoffe die Aufgabe des Wassers übernehmen könnten. Kohlenmonoxid, so glauben sie, ist zumindest bei niedrigen Temperaturen ein potenzieller Kandidat. Sobald die Temperatur über 300 Kelvin (also rund 30 Kelvin über den Gefrierpunkt des Wassers) klettert, könnte Wasserdampf die Rolle des Kühlmittels übernehmen.

Noch ist unklar, wie es zu dem scheinbaren »Wassermangel« im All kommt. Das Swas-Team geht davon aus, dass sich möglicherweise mehr Wasser als angenommen als Eisschicht über kosmische Staubkörner legt. Dieses Phänomen ist allerdings nur schwer nachweisbar, denn der Staub strahlt seine Energie in dem für die Swas-Instrumente unsichtbaren Infrarot-Bereich ab.

Selten oder nur unsichtbar?

Die Sauerstoffknappheit lässt sich noch schwieriger erklären, denn es ist unwahrscheinlich, dass Sauerstoff an Staub festfriert. »Es gibt keinerlei Beobachtungsdaten, die auf gefrorenen Sauerstoff hinweisen«, so Paul Goldsmith, Astronom an der Cornell University und Mitglied des Swas-Teams. Allerdings ist Swas blind für Sauerstoff in seiner atomaren Form. Neueste Auswertungen der Iso-Daten lassen immerhin vermuten, dass zwar molekularer, nicht aber atomarer Sauerstoff selten ist.

Zu wenig Wasser, zu wenig Sauerstoff: »Möglicherweise haben wir die Struktur dieser gigantischen Wolken noch nicht richtig verstanden«, vermutet Goldsmith. Ursprünglich hatten ihn die Satellitendaten enttäuscht, machten sie doch erstmals die große Kluft zwischen Theorie und Beobachtung deutlich. Nach ein wenig Nachdenken, so fügt er hinzu, erschien es ihm dann doch »viel spannender, dass die Beobachtungen der vorherrschenden Meinung widersprachen«.

Zwar scheinen einige zentrale Bausteine der Standardtheorie falsch zu sein, als Ganzes ist sie jedoch nach wie vor gültig. »Wasser an sich ist kein seltenes Element im All«, sagt Melnick. Selten ist es nur in der gasförmigen Phase.

Wenn sich diese Vermutung Melnicks bestätigt, so wären die Konsequenzen enorm: »Swas hätte dann gezeigt, dass die fundamentalste Voraussetzung für Leben im Weltraum weit verbreitet ist.« Dann sind Sonnensysteme wie das unsere auch anderswo möglich.

Weitere Untersuchungen könnten auch die Herkunft des Wassers in unseren Ozeanen klären. »Erdähnliche Planeten bilden sich aus den Überresten der Sternentstehung«, so Melnick. »Möglicherweise füllten sich unsere Meere zum Teil mit dem Wasser, das eisüberzogene Staubkörner freigesetzt haben.« Ebenso ist es aber auch vorstellbar, dass sich dieser Staub zu Kometen zusammenballte, die später auf die Erde stürzten.

»Noch ist die Frage nach dem Woher des Wassers in unseren Ozeanen das schwächste Glied in unserer Theorie«, sagt Martin Harwit, Astronom an der Cornell University und Mitglied sowohl im Iso- als auch im Swas-Team. Wasser könnte im Inneren von Gesteinen eingeschlossen gewesen sein, aus denen sich unser Planet gebildet hat, oder aber Kometen und Asteroiden haben es auf die Erdoberfläche transportiert. Melnick hält beide Szenarien für plausibel: »Von Wasser in einem diffusen Medium ist relativ leicht vorstellbar, dass es beim Kollaps einer Wolke in das Innere der daraus entstehenden Körper gelangt.«

Kometen, die etwa zur Hälfte aus Wasser bestehen, können ganze Tankerladungen des Elements transportieren. Man nimmt an, dass in frühen erdgeschichtlichen Zeiten viel mehr Kometen auf die Erde herabgestürzt sind als heute. Im Jahr 1994 schlug der Komet Shoemaker-Levy-9 auf Jupiter ein und entlud dabei zwei Millionen Tonnen Wasser auf dem Riesenplaneten. Iso-Wissenschaftler haben ausgerechnet, dass ein Kometeneinschlag pro Jahrtausend – über eine

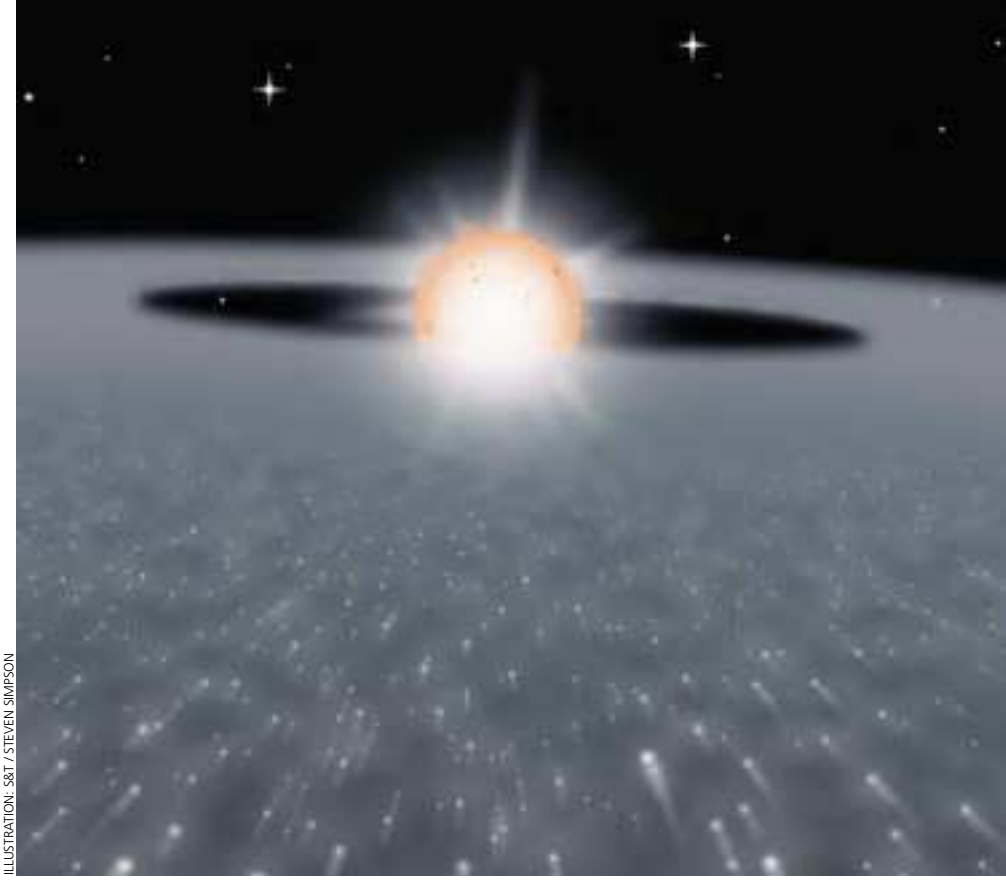


ILLUSTRATION: S&T / STEVEN SIMPSON

Der Rote Riese CW Leonis lässt Hunderte von Milliarden Kometen in einem Umkreis von 300 Astronomischen Einheiten allmählich verdampfen – so entstand vermutlich die Wolke aus Wasserdampf, die den sterbenden Stern umgibt.

Milliarde Jahre hinweg – ausgereicht hätte, um all unsere Ozeane und Seen mit Wasser zu füllen.

Auch Asteroideneinschläge waren in der erdgeschichtlichen Vergangenheit häufiger. Diese steinernen Gebilde enthalten aber höchstens zehn Prozent Wasser. Neue Computersimulationen zeigen, dass sie möglicherweise eine wichtigere Rolle als »Wasserquelle« für unseren Planeten gespielt haben als bislang angenommen.

Nun sollen die Untersuchungen von Swas auf einige hundert quer durch die Milchstraße verteilte Regionen ausgedehnt werden. »Die Wasserhäufigkeit können wir nur dann besser verstehen, wenn wir unsere Beobachtungen auf Gebiete mit völlig unterschiedlichen Temperaturen und Dichten ausdehnen«, so Edwin A. Bergin, Swas-Forscher am Center for Astrophysics. Nur so erfahren die Wissenschaftler, welchen Einfluss die Umgebungsbedingungen auf das Vorkommen von Wasser haben und können bisher verborgene Zusammenhänge aufdecken.

Eine weitere Strategie besteht darin, auch dort nach Wasser zu suchen, wo es bislang niemand vermutete. Ein so genannter »Kohlenstoffstern« wie CW Leonis (IRC+10216) in rund 500 Lichtjahren Entfernung von der Erde ist ein gutes Beispiel. CW Leonis durchläuft im Moment eine späte Phase der Sternentstehung. Sein Brennstoff, die Wasserstoff- und Heliumvorräte in seinem Inneren, sind erschöpft. In seinem Kern entsteht Kohlenstoff, der langsam an die Oberfläche des Sterns wandert und sich dort mit Sauerstoff zu Kohlenmonoxid verbindet. »In einer solchen Umgebung würden wir eigentlich kein Wasser vermuten, da der Kohlenstoff so schnell mit Sauerstoff reagiert, dass für die Bildung von Wasser zu wenig zur Verfügung steht«, erklärt Melnick. Doch Swas entdeckte, dass die Wassermengen in der Umgebung des Stern um das Zehntausendfache über den Voraussagen lagen. Eine mögliche Erklärung: Während sich CW Leonis ausdehnt und dabei immer heller wird, verdampfen allmählich Hunderte von Milliarden vereister Staubbrocken – in einem Kometengürtel rund um den Stern ähnlich dem Kuipergürtel unserer Sonne – und setzen große Mengen an Wasser frei. Erstmals wird mit dieser These die Entdeckung von Wasser in der Umgebung eines Sterns in Verbindung mit der Existenz von Kometen gebracht. »Dies würde bedeuten«, so Melnick, »dass die Architektur unseres Sonnensystems nicht einzigartig ist.«

EUROPEAN SPACE AGENCY (ESA)

Der Infrarot-Blick auf den Adlernebel M16 enthüllt ein Gespinst kalten Staubes (blau), das den Nebel umgibt. In Gebieten wie diesem findet Swas auch Wasser – allerdings nur Bruchteile der erwarteten Mengen.

NASA / JET PROPULSION LABORATORY

Mögliche Variante des geplanten Terrestrial Planet Finder der Nasa: eine Formation aus vier 3,5-Meter-Teleskopen. Sie sollten das Infrarotlicht von Sternen in bis zu fünzig Lichtjahren Entfernung vermessen und erdähnliche Planeten aufspüren.

Blick in die Zukunft

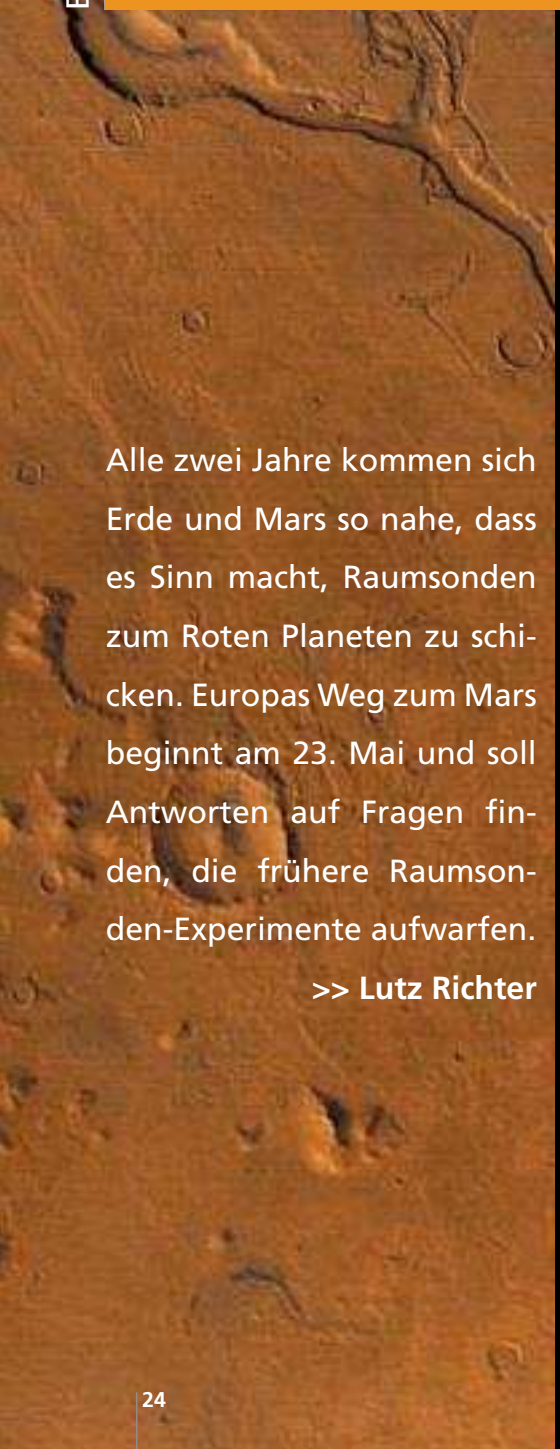
Die Analyse weiterer Kohlenstoffsterne soll helfen, mehr Belegmaterial zu sammeln. Swas kommt hierfür allerdings nicht mehr in Frage: »Der Satellit hat allein für die Untersuchung von CW Leonis schon 400 Stunden an Teleskopzeit verbraucht«, berichtet Melnick. Künftige Missionen könnten die Arbeit fortsetzen, wie etwa das geplante Herschel Space Observatory (HSO): Dieses 3,5-Meter-Teleskop der Esa soll ab 2007 den fernen Infrarot- und Submillimeter-Bereich noch gründlicher als derzeit Swas untersuchen. Die Spektrometer an Bord könnten zusätzliche Spektrallinien von Wasser und anderen Elementen vermessen.

Gemeinsam mit dem Stratospheric Observatory for Infrared Astronomy (Sofia) – einem 2,5-Meter-Teleskop an Bord einer Boeing 747SP, das seinen Betrieb 2004 aufnehmen soll – wird das HSO die Suche nach den chemischen Grundlagen für Leben im All vorantreiben. Noch weiter in der Zukunft werden der Terrestrial Planet Finder (TPF) der Nasa sowie das europäische Projekt Darwin der Forschung möglicherweise einen Quantensprung bescheren. »Wir untersuchen heute noch den Heuhaufen, doch sie werden nach der Nadel darin suchen«, sagt Martin Kessler von der Esa. TPF und Darwin sollen erdähnliche Planeten entdecken und deren Größe, Temperatur und Abstand vom Zentralgestirn bestimmen und schließlich ihre Atmosphären auf Anzeichen von Leben hin untersuchen. Dafür bedarf es eines gewaltigen technischen Aufwands: Die Teleskope des TPF sollen bis zu einen Kilometer voneinander entfernt sein – ein Abstand, der bis auf den Bruchteil der untersuchten Wellenlängen konstant gehalten werden muss.

Selbst wenn all diese Pläne realisiert würden, besteht doch eine letzte Schwierigkeit in der Suche nach Anzeichen für Leben im All: Wonach soll überhaupt gesucht werden? Die Antwort auf diese Frage ist nicht so trivial, wie sie vielleicht erscheint: »Das Leben auf der Erde basiert auf Wasserdampf, Sauerstoff und Kohlendioxid. Nach diesen Elementen werden wir also auch im All zuallererst suchen«, so Martin Harwit. »Doch eigentlich wissen wir noch nicht einmal so genau, wie das Leben auf der Erde entstanden ist und sollten uns daher auf Überraschungen gefasst machen: Möglicherweise entdecken wir Dinge, die all unseren Erwartungen widersprechen.« <<

Steve Nadis lebt als Wissenschaftsjournalist in Cambridge, Massachusetts.

EXPRESS



Alle zwei Jahre kommen sich Erde und Mars so nahe, dass es Sinn macht, Raumsonden zum Roten Planeten zu schicken. Europas Weg zum Mars beginnt am 23. Mai und soll Antworten auf Fragen finden, die frühere Raumsonden-Experimente aufwarfen.

>> Lutz Richter

Heiligabend, 24. Dezember 2003. Genau vor fünf Tagen hat sich die »Beagle 2« vom Mutterschiff getrennt und seitdem eine halbe Million Kilometer antriebslos zurückgelegt. Jetzt taucht die 60 Kilogramm schwere Landekapsel der »Mars Express«-Mission mit einer Geschwindigkeit von fast sechs Kilometern pro Sekunde in die Atmosphäre unseres Nachbarplaneten Mars ein. Ein Hitzeschild schützt sie dabei vor der enormen Reibungshitze und sorgt für Abbremsung.

Bei einer Geschwindigkeit von 350 Meter pro Sekunde – das entspricht ungefähr der Schallgeschwindigkeit auf der Erde – schießt ein Stabilisierungsfallschirm aus der Kapsel heraus. Kurze Zeit später reißt er den hinteren Deckel des Hitzeschilds weg. Fast gleichzeitig öffnet sich der Hauptfallschirm von zehn Meter Durchmesser und trennt den Lander vom Hitzeschild. In der dünnen Marsatmosphäre kann der Fallschirm das Landegerät allerdings nur auf eine Geschwindigkeit von 90 Stundenkilometern abbremsen. Damit die Sonde bei der Landung auf den Marsboden nicht zerschellt, löst ein Radarhöhenmesser in 250 Meter Höhe mehrere Gaspatronen aus. Drei große Gassäcke werden in wenigen Sekunden mit Ammoniak aufgeblasen und schützen – als Airbags – den Lander vor dem Aufprall.

Schon fünf Minuten später schlägt das geschützte Lander-Paket auf der Marsoberfläche auf. Sofort wird die Verbindungsleine zum Fallschirm gekappt. Der Aufprall und die Gassäcke lassen den Lander noch einige Sprünge vollführen, die über hundert Meter hoch sein können. In dieser Phase muss die Landesonde Kräfte bis zum 200fachen ihres irdischen Gewichts aushalten. Nach ein bis zwei Kilometern kommt sie schließlich zur Ruhe. Die Gassäcke werden abgetrennt und rollen von der Sonde weg. Was folgt, ist ein letzter, vergleichsweise kurzer und daher unkritischer Stoß. Den letzten Meter bis zur Oberfläche fällt der jetzt nur noch von einer Knautschzone geschützte Lander nahezu ungebremst.

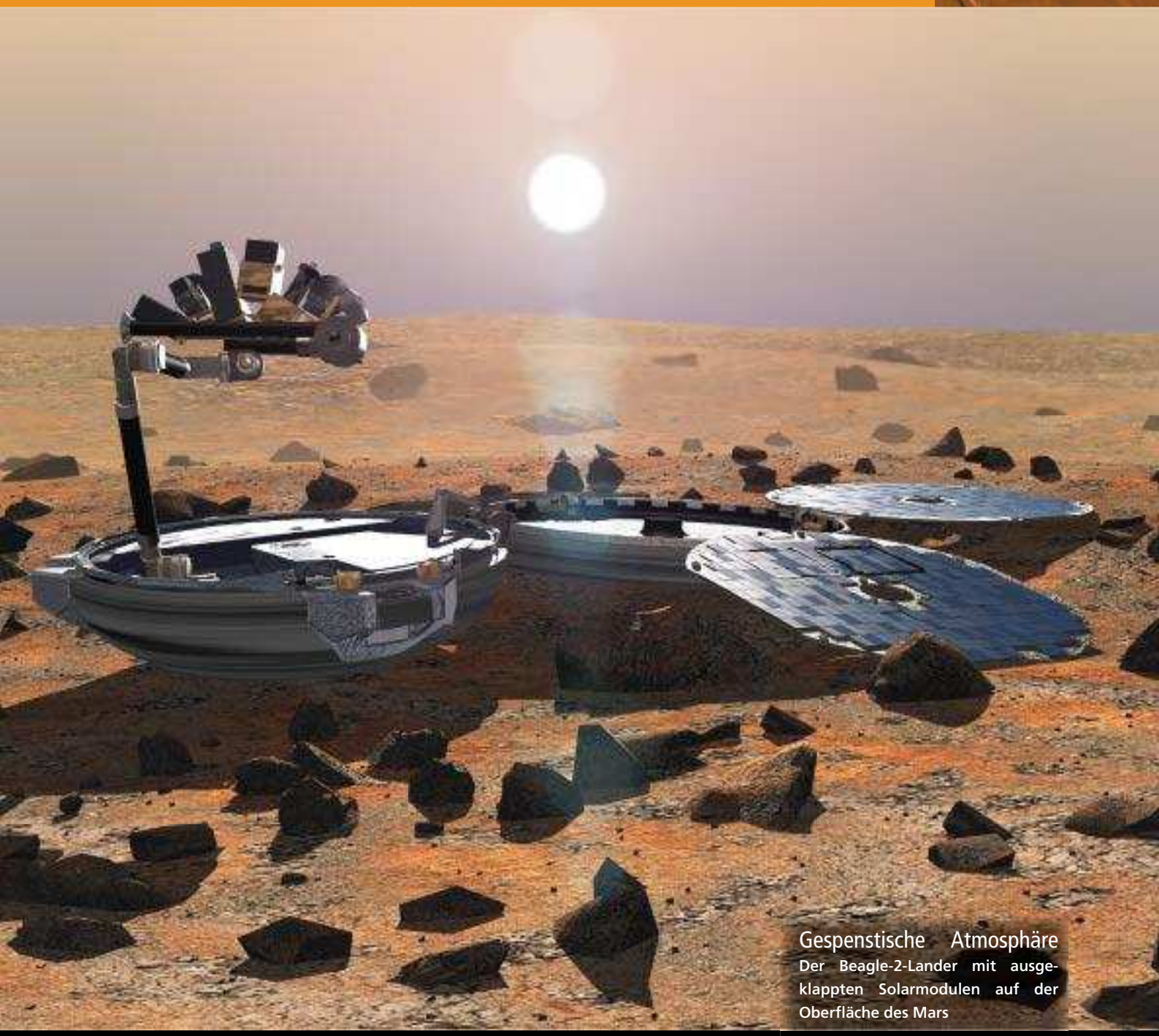
Ein Elektromotor öffnet den Deckel der dosenförmigen Einheit und dreht das sechzig Zentimeter große Gerät in die vorgesehene Richtung. Aus der Innenseite klappen vier Paneele mit Solarzellen heraus und laden die Batterien wieder auf, die durch den fünftägigen Flug und den Landevorgang stark beansprucht wurden. Zwei Stunden später überfliegt die amerikanische Sonde »Mars Odyssey« das Landegebiet, empfängt erste technische Daten des Landers und sendet sie zur Erde. Dort warten Bodenmannschaft und beteiligte Wissenschaftler sehnsüchtig auf die Erfolgsmeldung: »The Beagle has landed!«

Beagle 2: Europas Mars-Premiere

Am 23. Mai soll die erste europäische Marsmission vom kasachischen Raumfahrtbahnhof Baikonur in Richtung des Roter Planet starten. Nach zwei amerikanischen Viking-Missionen in den 1970er Jahren und der ebenfalls amerikanischen Pathfinder-Mission (samt dem kleinen Marsrover »Sojourner«) im Jahr 1997 wäre dies erst die vierte erfolgreiche Landung auf dem Roten Planeten. Denn von den insgesamt 26 Missionen, die die USA und Russland zwischen 1962 und >

ALLE FOTOS: ESA

ZUM MARS



Gespenstische Atmosphäre
Der Beagle-2-Lander mit ausgeklappten Solarmodulen auf der Oberfläche des Mars

> 2001 zum Mars entsandten, schlugen nicht weniger als sechzehn ganz oder teilweise fehl.

Der Beagle-2-Lander, der Ende Dezember 2003 die Oberfläche des Mars erreichen soll, ist Teil der Mars-Express-Mission der europäischen Weltraumorganisation Esa. Sie wurde im Rahmen des wissenschaftlichen Raumflugprogramms im Mai 1997 als Erste einer Reihe kostengünstiger Projekte für 2003 vorgeschlagen und 1999 verabschiedet.

Mars Express entwickelte schnell ein Eigenleben. Ursprünglich nur als Auffangbecken für mehrere Messinstrumente der fehlgeschlagenen russisch-europäischen Marsmission »Mars 96« gedacht, hätte sie eigentlich nur aus einem Orbiter bestehen sollen, der die Marsoberfläche aus einer polaren, elliptischen Umlaufbahn in 250 bis 11 000 Kilometer Höhe untersucht. Schon zu Beginn der Konzeptionsphase vor über fünf Jahren drängten die Wissenschaftler aber darauf, unbedingt auch einen Lander zum Mars zu schicken, um die für Europa einzigartige Chance zu nutzen.

Einer der stärksten Befürworter war Professor Colin Pillinger von der Open University im britischen Milton Keynes, der mit seinem Team bereits seit langer Zeit Untersuchungen an Mars-Meteoriten durchführt. In mehreren dieser vom Mars stammenden Gesteinsbrocken finden sich Hinweise auf Wasser, das durch deren Poren geflossen sein könnte. In einigen Fällen fand man im Innern der Meteorite sogar komplexe organische Verbindungen und Magnetitkristalle – mögliche mikroorganische Überbleibsel aus der Vergangenheit des Roten Planeten. Pillinger schlug daher vor, mit neuen Messgeräten erneut nach Lebensspuren auf dem Mars zu fahnden, nachdem die Viking-Missionen in den 1970er Jahren keine endgültigen Antworten geliefert hatten und Pathfinder nicht für biologische Untersuchungen konzipiert war. In Anlehnung an die »H.M.S. Beagle« – dem Schiff von Charles Darwin – nannte Pillinger den Mars-Express-Lander Beagle 2. Dies in der Hoffnung, die Mission möge zu einem Durchbruch im Verständnis von Lebensprozessen außerhalb der Erde führen.

Fest steht jedenfalls, dass der Rote Planet der Erde von allen anderen Planeten des Sonnensystems am ähnlichsten ist – ihr früher vermutlich noch mehr glich als heute. Dies wie auch seine relative Nähe zur Erde erklären das ausgeprägte Interesse der Wissenschaftler an der Erkundung des Mars.

Ungefähr alle 26 Monate stehen Erde und Mars auf ihren Umlaufbahnen um die Sonne so günstig, dass man Raumsonden auf den Weg schicken kann. 2003 ist der geringe Abstand beider Planeten (am 28. August 2003: knapp 56 Millionen Kilometer) besonders günstig, da dann auch größere Sonden ohne großen Mehraufwand in Richtung Mars gestartet werden können und die Flugzeit mit sechs bis sieben Monaten recht kurz ist.

Heißer Ritt Beagle 2 auf dem Weg zur Marsoberfläche

Experimente an Bord des Beagle-2-Landers

> Das Gas Analysis Package (Gap) der Open University im britischen Milton Keynes befindet sich im Inneren des Landers. Es analysiert Bodenproben auf der Suche nach Lebensspuren.

> Zusätzlich verfügt der Lander über einen Greifarm, der verschiedene auf einem Träger montierte Intrumente in einem Umkreis von achtzig Zentimetern um die Sonde herum bewegen kann. Darunter sind:

- ein **Röntgen-Fluoreszenz-Spektrometer** zur Messung chemischer Elemente in Gestein und Bodenmaterial (University of Leicester),
- ein **Mikroskop** zur Untersuchung von Steintextur und Mineralogie (Max-Planck-Institut für Aeronomie / University of Arizona),
- ein **Mössbauer-Spektrometer** zur Bestimmung der Eisenmineralogie von Gestein und Boden (Johannes Gutenberg-Universität Mainz),
- ein **Werkzeug zur Probenentnahme** von Steinen an der Oberfläche (Hong Kong Polytechnical University),
- der **Tiefenprobennehmer Pluto** (Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt / VNIITransmash), der sich nach dem Maulwurf-Prinzip selbst in den Boden arbeitet,
- ein **Stereokamerasystem** (Mullard Space Science Laboratory, London/ CSBM, Neuchatel),
- **Sensoren für Atmosphärenmessungen** und zur Messung der solaren UV-Strahlung.

Mehr Einschläge auf der Südhalbkugel

Was weiß man bisher über den Mars? Die meisten seiner Eigenschaften sind uns schon durch astronomische Beobachtungen von der Erde aus bekannt. Der Rote Planet hat einen Durchmesser von 6780 Kilometern und ist damit nur etwa halb so groß wie die Erde. Weil Mars keine Ozeane besitzt, ist seine Landoberfläche größer als die irdische. Sein Abstand von der Sonne beträgt allerdings das 1½fache der Erddistanz, was bedeutet, dass die Sonneneinstrahlung und die Oberflächentemperatur deutlich geringer ausfallen. Wie auf der Erde gibt es auch auf dem Mars Jahreszeiten, die durch die Neigung seiner Drehachse zur Bahnebene entstehen. So schwanken die Temperaturen in Äquatornähe zwischen plus 10 Grad Celsius (früher Nachmittag im Sommer) und minus 90 Grad Celsius (kurz vor Sonnenaufgang im Winter). In der ewigen Nacht des Marswinters sinkt die Temperatur an den Polen sogar bis auf minus 125 Grad Celsius ab.

Die Gestalt des Planeten ist nicht symmetrisch: Die Regionen der Südhalbkugel liegen höher als die auf der nördlichen Hemisphäre. Auch sind sie mit sehr viel mehr Kratereinschlägen übersät und damit deutlich älter als die flachen Tiefebenen des Nordens. Vulkanismus und plattentektonische Bewegungen führten

über lange Zeiten der Entwicklungsgeschichte des Planeten zur Bildung gewaltiger Schildvulkane wie Olympus Mons – dem höchsten Berg des Sonnensystems – und komplexer Canyonsysteme wie dem Vallis Marineris.

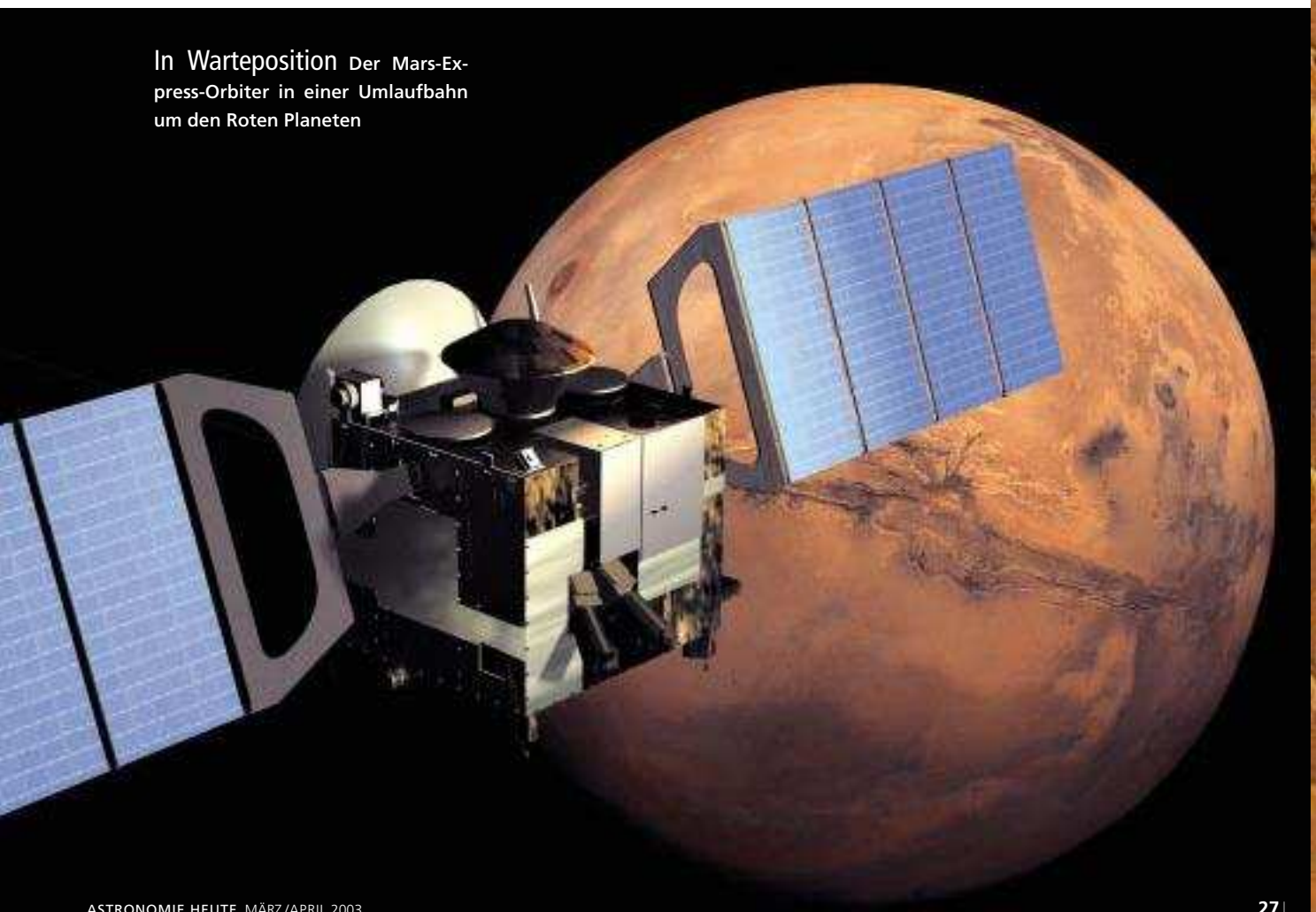
Die dünne Atmosphäre des Mars konnten aber erst die Raumsonden genauer untersuchen. Darin spielt sich ein intensives Wettergeschehen ab: Starke Stürme transportieren Staub und Sand über weite Strecken. 95 Prozent der Mars-»Luft« bestehen aus Kohlendioxid. Der Rest setzt sich aus Stickstoff, Argon und Spuren von Sauerstoff und Wasserdampf zusammen. Der Druck am Boden beträgt, je nach Höhenlage, zwischen vier und zwölf Hektopascal und entspricht damit nur etwa einem Hundertstel des irdischen Luftdrucks.

Die Pole des Mars sind von Kappen aus Wasser- und Kohlendioxid-Eis bedeckt, die sogar von der Erde aus sichtbar sind. Im Nord- beziehungsweise Südwinter friert dort Kohlendioxid-Schnee aus der Atmosphäre aus, sodass sich die Polkappen dann weit in Richtung Äquator ausdehnen. Die vergleichsweise geringe Konzentration von Wasserdampf in der heutigen Marsatmosphäre erlaubt zwar die Bildung von Wassereiswolken. Dies jedoch nur in bestimmten Regionen, beispielsweise in der Umgebung größerer topografischer Erhebungen. Niederschlag in Form von Regen ist gänzlich ausgeschlossen. Trotzdem gibt es auf dem Mars so etwas wie Nebel: Er entsteht durch die Sättigung der Luft mit Wasserdampf bei niedrigen Temperaturen – meist in den Stunden kurz vor Sonnenaufgang. Die Nebelpartikel bestehen dabei aus Eiskristallen.

Die ersten Sonden, die Mitte der 1960er Jahre den Mars erreichten, flogen auf direktem Weg am Planeten vorbei und konnten damals nur kleine Gebiete südlich des Äquators in Augenschein nehmen. Auf den ersten Blick ähnelten diese der Mondoberfläche, sodass die Forscher den Mars seinerzeit eher als langweiligen Planeten einschätzten. Sie waren daher sehr erstaunt, als die erste vollständige Kartierung des Mars durch die Raumsonde Mariner 9 in den Jahren 1971 und 1972 zahlreiche Strukturen mit mehreren hundert Kilometern Ausdehnung zeigte, die ausgetrockneten Flusskanälen ähnelten.

Vulkane als Auslöser

Seinerzeit könnten sich große Schlamm- und Wassermassen in die Ebenen ergossen haben. Auch ein kompletter Marsozean wird nicht mehr ausgeschlossen. Genauere Analysen aus dem Mars-Orbit scheinen jetzt zu bestätigen, dass die Fluten durch auftauendes Eis im Marsboden entstanden sind, sich dann aber höchs- >



In Warteposition Der Mars-Express-Orbiter in einer Umlaufbahn um den Roten Planeten

tens einige Monate auf der Oberfläche halten konnten. Als Auslöser könnte hier eine kurzfristig angestiegene vulkanische Aktivität gewirkt haben.

Außerdem zeigen die Beobachtungen von Mariner 9 weit verzweigte Täler, die fast nur auf dem älteren Terrain der Südhalbkugel zu finden sind. Mäandernde, einige hundert Meter bis wenige Kilometer breite Täler deuten auf anhaltende Fließprozesse hin, vergleichbar mit den Flussläufen auf der Erde.

Auf einmal erwies sich der Mars, wie schon in den Mythen des Altertums, wieder als aufregender Planet. Denn: Wo einst Wasser floss, kann es auch Leben gegeben haben. Bis heute ist jedoch unklar, wann, wie lange oder wie oft Wasser durch die Marstäler strömte.

Wenn aber auf der Marsoberfläche über längere Zeiträume Wasser in flüssiger Form vorkam, dann müssten sich dort Gesteine und Minerale wie etwa Kalkgestein gebildet haben, wie sie auch auf der Erde unter Wassereinwirkung entstehen. Deren Spuren haben aber weder die Messinstrumente der Orbitersonden noch die Gesteinsuntersuchungen des Rover der Pathfinder-Mission entdecken können. Für alle künftigen Marsmissionen ist es daher von allergrößter Bedeutung, die Gesteinstypen an der Landestelle genauestens zu bestimmen, um durch Wasser gebildete Mineralien ausfindig zu machen. Beagle 2 ist für diese Aufgabe bestens gerüstet.

Zusätzlich zu den schon vorhandenen Eispanzern der Polkappen befinden sich aber auch heute noch große Mengen an gefrorenem Wasser im Marsboden. Unter der Oberfläche lagerndes Eis ist gerade in den höheren Breiten bei den dort herrschenden, niedrigen Temperaturen über lange Zeiträume stabil. Vor kurzem gelang Forschern mit Neutronenspektrometern des Orbiters »Mars Odyssey« erstmals der Nachweis von Bodeneis in den obersten ein bis zwei Metern des Marsbodens.

Spuren des Lebens

Ob die Umweltbedingungen auf dem Roten Planeten aber jemals die Bildung von einfachem Leben wie einzelligen Mikroorganismen zuließen, ist noch offen. Eine der Aufgaben der Viking-Lander von 1976 war es, nach lebenden Mikroorganismen zu suchen. Leider kamen die Experimente zu keinem eindeutigen Ergebnis.

Die beiden Viking-Landesonden, die als erste irdische Raumfahrzeuge weich auf der Oberfläche des Mars landeten, sollten die Vermutung überprüfen, ob auf dem Roten Planeten noch heute lebende Mikroorganismen zu finden seien. Ein mechanischer Schaufelarm auf jedem der Lander entnahm hierzu mehrere Proben lockeren Bodenmaterials und füllte diese in drei Messapparaturen, die nach der Zugabe von Wasser und Nährlösung nach Stoffwechselreaktionen von Mikroben fahndeten. Ein anderes Gerät untersuchte die Proben auf organische Moleküle hin – Grundlage jeder uns bekannten Lebensform.

Wissenschaftliches Bohrprogramm Der ausgeklappte Greifarm von Beagle 2 in Aktion

An beiden Landestellen konnten die Viking-Sonden nicht einmal einfachste organische Bausteine nachweisen. Gleichzeitig registrierten die Stoffwechselexperimente aber Gasfreisetzungen in den Proben, die durchaus mit der Existenz lebender Mikroorganismen erklärt werden könnten. Das Fehlen jeglichen organischen Basismaterials widerspricht jedoch dieser These. So vermuten die Forscher heute, dass organisches Material durch oxidierende Verbindungen im Marsboden zersetzt worden sein könnte. Wasserstoffperoxid, das sich durch Vorgänge in der Atmosphäre oder direkt im Boden bildet, wäre dazu in der Lage und könnte so die beobachteten Gasfreisetzungen bei den Viking-Experimenten problemlos erklären. Bis heute sind die von den Viking-Experimenten aufgeworfenen Fragen unbeantwortet geblieben. Auch die Pathfinder-Mission im Jahre 1997, die nach zwanzig Jahren Pause erstmals wieder ein Landegerät auf dem Marsboden absetzte, änderte daran nichts. Denn diese widmete sich rein geologischen Fragestellungen sowie der Erprobung von Lander- und Rovertechnologien zukünftiger Missionen.

Beagle 2 könnte die Frage nach vergangenem Leben auf dem Mars dagegen beantworten. Anders als noch bei den Viking-Missionen gehen die Wissenschaftler heute davon aus, dass es einfacher ist, nach Resten früheren Lebens statt nach lebendigen Organismen zu suchen.

Experimente an Bord des Beagle-Mutterschiffs Mars Express

Mehrere Jahre lang soll die Raumsonde Mars Express den Planeten mit folgenden Instrumenten aus einer Umlaufbahn beobachten:

> der **hochauflösenden Multispektral-Kamera HRSC** (Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt), die durch Stereoabtastung auch Höheninformationen liefert,

> dem **Infrarot-Spektrometer Omega** (Frankreich) zur Identifizierung von – insbesondere durch Wassereinwirkung entstandenen – Mineralien an der Oberfläche,

> dem **Fourier-Spektrometer PFS** (Italien) zur Beobachtung der Oberflächenzusammensetzung und der Atmosphäre des Planeten,

> dem **UV-Spektrometer Spicam** (Frankreich) zur Sondierung der Atmosphäre einschließlich der Vermessung des Wasserdampfgehalts,

> dem **Radarsystem Marsis** (Italien und USA), das es erstmals ermöglicht, mehrere Kilometer tief in den Boden hineinzusehen und so Grundwasser wie auch Bodeneis unterhalb etwa 500 Meter Tiefe aufzuspüren,

> dem **Instrument Aspera** (Schweden und USA) zur Untersuchung der oberen Marsatmosphäre,

> dem **bordeigenen Funksystem** der Raumsonde, das zur Sondierung von Atmosphäre und Schwerefeld des Planeten genutzt werden soll.

Falls sich auf dem Roten Planeten in der Vergangenheit tatsächlich Mikroorganismen gebildet haben, so wurde deren Entwicklung spätestens dann abrupt unterbrochen, als das Wasser wieder von der Marsoberfläche verschwand. Frühe Lebensformen gingen dann entweder zu Grunde oder passten sich den Bedingungen in Tiefen von einigen hundert Metern bis einigen Kilometern an. Dort wird heute das Grundwasser auf dem Mars vermutet.

In beiden Fällen müssten biologische Vorgänge aber chemische Spuren im Marsgestein oder im Bodenmaterial hinterlassen haben, entweder in Form von Zerfallsprodukten oder bestimmten Verhältnissen der Kohlenstoffisotope. Das Vorkommen solcher Isotope – Kohlenstoffatome mit unterschiedlicher Neutronenzahl also – hängt eng mit der Existenz von Leben zusammen. Jegliche irdische Lebensform, ob Pflanze oder Tier, bevorzugt bei seinem Stoffwechsel den leichteren Kohlenstoff-12 gegenüber Kohlenstoff-13. Ein entsprechend hoher Anteil an Kohlenstoff-12 im Marsboden lässt daher mit großer Sicherheit auf Leben schließen.

Auch auf der Erde führten ähnliche Untersuchungen bereits zu einer wichtigen Erkenntnis: Analysen des Gesteins der grönländischen Isua-Formation erbrachten den Nachweis, dass irdische Lebensprozesse – bei einem Erdalter von 4,5 Milliarden Jahren – bereits vor mindestens 3,8 Milliarden Jahren angelaufen sein müssen. Beagle 2 wird die gleichen Messungen nun auch an Marsgestein durchführen. Das »Gas Analysis Package« (Gap) an Bord des Landers übernimmt diese Aufgabe. Hierzu verbrennt Gap Bodenproben bei schrittweise höheren Temperaturen und analysiert das aus Kohlenstoff der Probe entstehende Kohlendioxid in einem Massenspektrometer. Geschieht die Freisetzung bei Temperaturen zwischen 500 und 700 Grad Celsius, so ist das Kohlendioxid mineralischen Ursprungs. Ein positiver Nachweis organischen Materials liegt nur dann vor, wenn schon bei relativ niedrigen Temperaturen (200 bis 300 Grad Celsius) Kohlendioxid aus der Probe entweicht. Wenn sich dann auch noch die Kohlenstoff-Isotopenverhältnisse in verschiedenen Proben deutlich voneinander unterscheiden, ist praktisch erwiesen, dass der organische Kohlenstoff aus biologischen Prozessen stammen muss.

Maulwurf an Bord

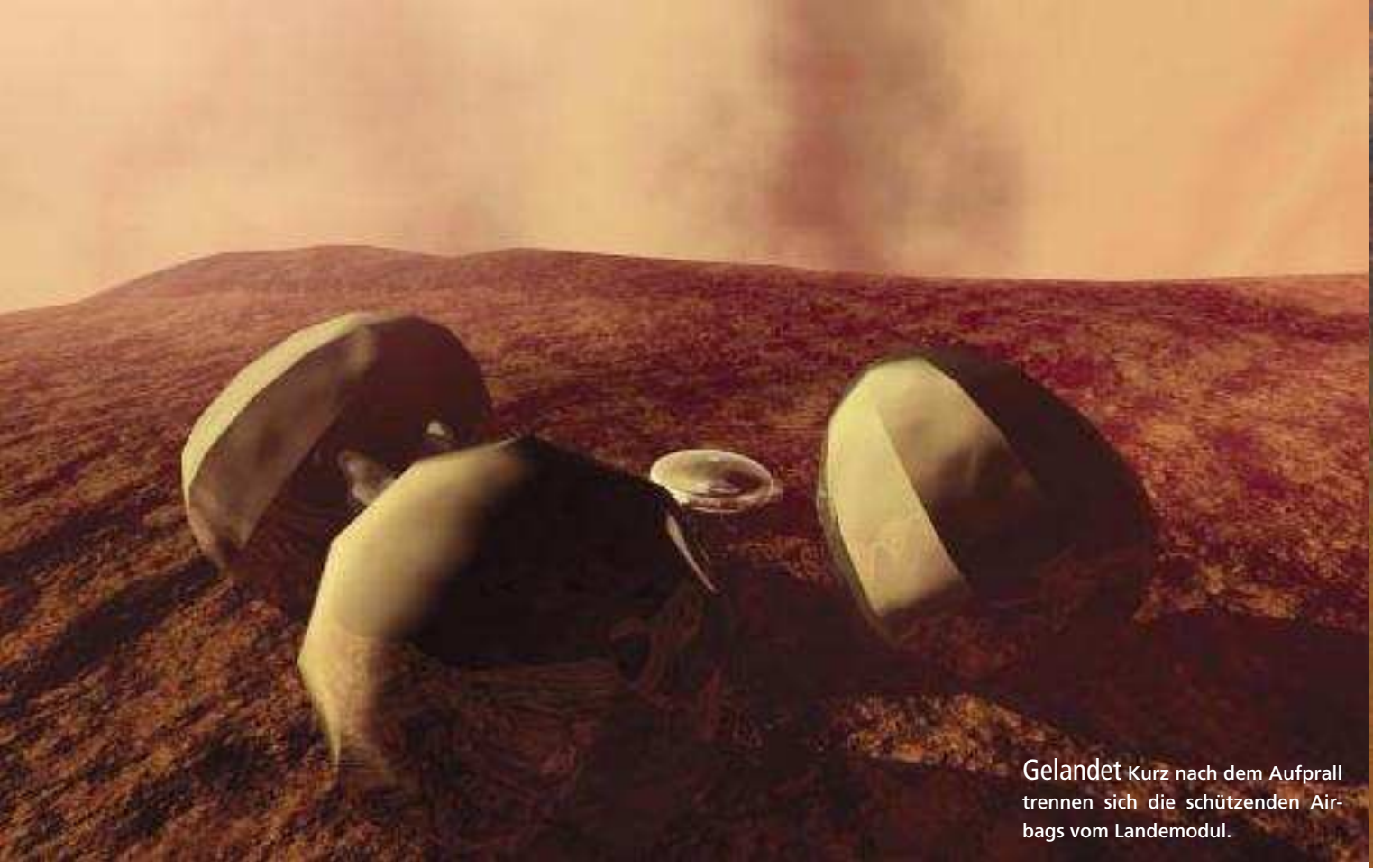
Eine Sorge der Forscher ist, dass die im Marsboden vermuteten, chemisch aggressiven Peroxide, das organische Material bereits längst zersetzt haben könnten. Auf Grund von Modellen vermutet man, dass solche Stoffe nur bis in eine Tiefe von vielleicht eineinhalb Metern vorkommen. Daher wird Beagle 2 als erste Raumsonde auf dem Mars einen Bohrer benutzen: »Pluto« (Planetary Underground Tool) soll Bodenproben aus bis zu zwei Metern Tiefe an die Oberfläche holen. Der Bohrer arbeitet nach dem Maulwurf-Prinzip und gräbt sich – an einem Kabel hängend – selbstständig in den Marsboden ein. Nach der Probenentnahme wird Pluto über das Verbindungskabel wieder an die Oberfläche gezogen. Außerdem soll der Lander auch Proben aus dem Inneren von Steinen gewinnen.

Neben dem direkt im Lander montierten Gap-Instrument können geologische und mineralogische Experimente (siehe Kasten Seite 26) mittels eines mechanischen Greifarms in einem Radius von achtzig Zentimetern rund um Beagle 2 herum geschwenkt werden. Ferner sind an verschiedenen Stellen der Landesonde Sensoren zur Messung der Marsatmosphäre und der ultravioletten Strahlung der Sonne angebracht.

Die am Greifarm befestigten Geräte sollen in den Wochen und Monaten nach der weichen Landung die in unmittelbarer Nähe der Landestelle befindlichen Steine intensiv unter die Lupe nehmen. Die chemischen Messungen werden dabei – gemeinsam mit Nahaufnahmen der Kameras – die verschiedenen Gesteinstypen bestimmen und vor allem solche ausfindig machen, die durch Wassereinwirkung entstanden oder verändert wurden. Dies wäre ein weiterer Beweis für die Existenz flüssigen Wassers auf dem Mars.

Außerdem sollen die Instrumente von Beagle 2 erstmals das Alter von Steinen bestimmen. Dieses wird mit Schätzungen verglichen, die man für »Isidis Planitia« – die Tiefebene, in der Beagle 2 landen soll – anhand der Kraterhäufigkeit errechnet hat. So bekommen die Wissenschaftler einen zuverlässigen Maßstab, mit dem man auch in anderen Marsregionen von der Kraterhäufigkeit auf das tatsächliche Alter schließen kann.

Pech hätten die Forscher allerdings, wenn alle Steine in der unmittelbaren >



Gelandet Kurz nach dem Aufprall trennen sich die schützenden Airbags vom Landemodul.

> Umgebung des Landers außerhalb der Reichweite des Greifarms liegen sollten. Denn Beagle 2 besitzt im Gegensatz zu Mars Pathfinder und seinem Sojourner keinen Rover zur Fortbewegung auf der Marsoberfläche. Aus früheren Missionen und den Fotos der Orbitersonden weiß man aber, dass es im Landegebiet von Beagle 2 im Schnitt mindestens vier Steine pro Quadratmeter gibt, die größer als zehn Zentimeter sind. Zwei bis drei von ihnen sollte der Greifarm von Beagle 2 auf jeden Fall aufsammeln können.

Und nun: Das Wetter …

Windverteilung und Wettergeschehen auf dem Mars werden von den Atmosphärensensoren auf Beagle 2 untersucht. Damit wird man künftig in der Lage sein, Daten wie Temperatur, Luftdruck, Windrichtung und Windgeschwindigkeit für große Teile des Planeten genauer vorherzusagen. Auch die auf Mars herrschenden Staubstürme können so besser verstanden werden.

Die zweifellos spannendsten Resultate wird jedoch das Gap-Experiment liefern. Geradezu sensationell wäre hier der Nachweis komplexer organischer Moleküle oder eine ungewöhnliche Kohlenstoffzusammensetzung der entnommenen Gesteinsproben: der bisher stärkste Hinweis, dass es auf dem Mars tatsächlich einmal Leben gegeben haben muss.

Während Beagle 2 ab Weihnachten 2003 mindestens sechs Monate lang sein Arbeitspensum erfüllen soll, wird die Orbitersonde Mars Express – das Mutterschiff des Landers – den Planeten mehrere Jahre lang umkreisen und mit verschiedensten Instrumenten aus der Umlaufbahn erforschen. Hier kommt erstmals auch, gemeinsam mit zahlreichen anderen Messinstrumenten (siehe Kasten Seite 28), eine hochauflösende multispektrale Kamera des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR) zum Einsatz. Sie soll mit Hilfe der Stereoabtastung Oberflächen- als auch Höheninformationen des Geländes liefern und so die bei der Entstehung des heutigen Terrains beteiligten geologischen Prozesse aus einer ganz neuen Perspektive beleuchten.

Das Zusammenspiel der Messinstrumente wird schließlich – so die Hoffnung der beteiligten Wissenschaftler – dafür sorgen, dass sie die Entwicklungsgeschichte des Roten Planeten besser verstehen. Vor allem soll geklärt werden, ob es jemals Wasser auf dem Mars gab, und wenn ja, wie lange. Sollte Beagle 2 sogar Spuren früheren Marslebens finden, so wäre das eine wahre Sensation.

Wenn der Mars-Express-Orbiter gemeinsam mit Beagle 2 am 23. Mai an Bord einer Sojus-Fregat-Trägerrakete vom kasachischen Kosmodrom Baikonur gen Mars startet, liegen bereits sechs Jahre Arbeit hinter den beteiligten Wissenschaftlern. Nach dem Start bleibt ihnen allerdings nur eine Verschnaufpause von wenigen Monaten bis zur nächsten schwierigen Operation: der Trennung des Landers vom Orbiter im Dezember sowie dessen Landung auf der Oberfläche des Roten Planeten. Zeitgleich zündet die Orbitersonde ihr Haupttriebwerk und schwenkt in eine Umlaufbahn um den Planeten ein. Dann werden Beagle 2 und Mars Express dem europäischen Forscherteam täglich zahllose neue Daten zu Geologie, Mineralogie, Atmosphäre und möglicherweise auch Biologie des Mars liefern. Und dafür sorgen, dass der Rote Planet, der als helles Objekt am Nachthimmel die Menschen seit jeher faszinierte, manche seiner Geheimnisse verliert. <<

Lutz Richter ist Projektwissenschaftler bei »Beagle 2« der Mars-Express-Mission und arbeitet am Institut für Raumsimulation, DLR, Köln-Porz.

AUFTRITT

Entdeckungen mit neuen Teleskopen verändern unser Verständnis vom Weltall.

>> Ray Jayawardhana

George Ellery Hale besaß ein besonderes ausgeprägtes Talent, private Geldgeber für seine wissenschaftliche Forschung zu finden. Er nutzte dies, um das größte Teleskop der Welt zu bauen. Fast dreißig Jahre lang war das von Hale entworfene und nach ihm benannte Fünf-Meter-Teleskop auf dem Mount Palomar in Kalifornien das leistungsstärkste astronomische Instrument seiner Art.

In den vergangenen zehn Jahren hat eine neue Generation von Teleskopen mit »smarter« Technologie dem Giganten auf dem Mount Palomar jedoch die Spitzenposition abgejagt. Hale wäre ohne Zweifel von diesen neuen Geräten beeindruckt – wenn nicht sogar neidisch. Ihre Computersteuerungen und ihre raffinierte Optik erlauben uns tiefe Blicke in das Universum, und führten so zu einer Flut erstaunlicher Neuentdeckungen. Auch in Zukunft können wir mit vielen neuen Überraschungen rechnen, denn die bereits vorhandenen Großteleskope haben ihr Potenzial noch lange nicht ausgeschöpft. Und die nächste Generation von Superfernrohren ist bereits im Bau.

Zwischen den beiden Keck-Teleskopen auf dem Mauna Kea auf Hawaii sind kleinere Fernrohrkuppeln zu sehen. Dieses etwa acht Jahre alte Foto zeigt das Gemini-Nord-Teleskop noch im Bau.

DER GIGANTEN

Zu den bekanntesten der neuen Giganten zählt das Keck-Zwillingsteleskop. Es thront hoch oben auf dem Mauna Kea, einem 4205 Meter hohen, erloschenen Vulkan auf Hawaii. Dort ist der Nachthimmel so klar und dunkel, wie nur an wenigen Orten auf der Erde. Die beiden Teleskope wurden vom California Institute of Technology (Caltech) und der University of California Anfang der 1990er Jahre gemeinsam gebaut. Die beiden Spiegel des Keck haben einen Durchmesser von jeweils 9,8 Meter und bestehen aus sechseckigen Segmenten. Auf dem Mauna Kea stehen außerdem das japanische Subaru-Teleskop mit einem 8,2-Meter-Spiegel, sowie das 8,1 Meter große Gemini-Nord-Teleskop, das sieben Länder gemeinsam betreiben.

Auch die Berge im Norden Chiles bieten den Astronomen außergewöhnlich gute Sichtbedingungen. Auf einem trockenen Plateau der Atacama-Wüste hat die Europäische Südsternwarte Eso vier 8,2-Meter-Giganten errichtet, die gemeinsam den Namen Very Large Telescope (VLT) tragen. Auf dem 625 Kilometer entfernten Andengipfel Cerro Pa- >

DAVID NUNUK / SPL / PHOTO RESEARCHERS, INC.

CALIFORNIA INSTITUTE OF TECHNOLOGY

OBSERVATORIES OF THE CARNEGIE INSTITUTION OF WASHINGTON

DENNIS DI CICCO

> chon steht der südliche Zwilling des Gemini-Teleskops. Und ganz in der Nähe, auf dem Las Campanas, befindet sich das Magellan-Teleskop mit zwei 6,5-Meter-Spiegeln.

Weitere Fernrohre der Acht-Meter-Klasse stehen in Texas, in Arizona, in Südafrika und auf den Kanarischen Inseln. Die Ursachen für den vor etwa zehn Jahren einsetzenden Teleskop-Bauboom liegen dabei in den bahnbrechenden Fortschritten der Computertechnik und der Elektronik. Das Design der neuen Großteleskope unterscheidet sich dabei radikal von dem der alten Fernrohre. Es hat die Teleskop-Technologie in den vergangenen Jahren vermutlich stärker verändert, als es sich Hale in seinen kühnsten Träumen vorgestellt hätte.

Albtraum der Ingenieure

Der Fünf-Meter-Spiegel des Palomar-Teleskops ist mehr als 30 Zentimeter dick und wiegt 20 Tonnen. Damit sich dieser unter seinem eigenen Gewicht nicht verformt, benötigt er eine massive Halterung. Der Versuch, das Design des Hale-Teleskops auf ein Instrument der doppelten Größe zu übertragen, wäre der Albtraum eines jeden Ingenieurs. Denn um dieselbe optische Genauigkeit zu erreichen, würde eine Verdopplung der Masse von Spiegel und Halterung keinesfalls ausreichen. Ab einem Spiegeldurchmesser von etwa fünf Meter stößt die Statik klassischer Teleskope an eine Grenze, deren Überwindung nicht mehr finanzierbar ist.

Jerry Nelson von der University of California in Santa Cruz gehört zu den technischen Initiatoren der Keck-Teleskope. Das Statikproblem umging er geschickt, indem er statt eines einzelnen, zehn Meter großen Spiegels, 36 kleinere, jeweils nur ein Meter große Spiegelelemente facettenartig zu einem großen Objektiv kombinierte. Roger Angel von der University of Arizona verfolgte bei den Spiegeln der Magellan-Teleskope einen ganz anderen Weg: Diese sind von erstaunlich geringem Gewicht, denn sie sind hohl. In ihrem Inneren verleiht ihnen eine wabenartige Struktur die notwendige Festigkeit. Angel stellt die Spiegel in einem »spin casting« genannten Prozess her. Dabei kühlt die zunächst flüssige Glasmasse in einer rotierenden Mulde ab. Ohne einen zusätzlichen Schleifvorgang entsteht so ganz automatisch die gewünschte Parabolform der Spiegel.

Die europäischen Fernrohr-Ingenieure hingegen wählten für das VLT einen dritten Weg. Die acht Meter großen Spiegel sind nur 20 Zentimeter dick. Ihre zerbrechliche Form, die auch beim Subaru- und bei den Gemini-Teleskopen Verwendung findet, benötigt allerdings computerbetriebene Kolben, die die Form des Spiegels korrigieren, solange sich das Teleskop bewegt.

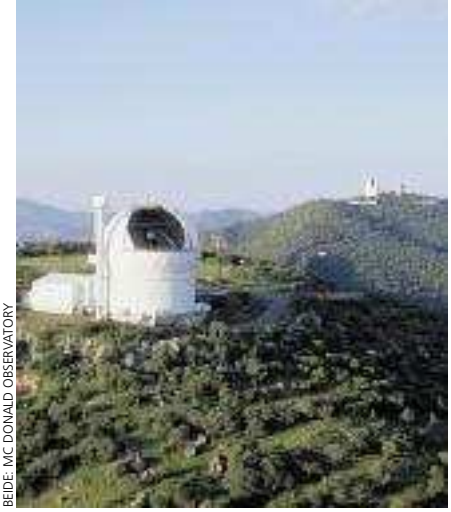
George Ellery Hale (1868 – 1938)
gilt als Vater der Großteleskope. Das von ihm 1948 realisierte Fünf-Meter-Hale-Teleskop auf dem Mount Palomar war dreißig Jahre lang das leistungsstärkste Teleskop der Welt.

Doch es zählt nicht nur Größe. Auch technische Tricks helfen Astronomen, mit den neuen Teleskopen, immer leuchtschwächere und entferntere Objekte zu entdecken. Die wichtigste Rolle spielt dabei die so genannte adaptive Optik, eine raffinierte Technik zur Korrektur der durch die unruhige Erdatmosphäre verursachten Bildunschärfe. Denn obwohl ein Zehn-Meter-Teleskop das Licht extrem schwacher Objekte zumindest nachweisen kann, sind die unkorrigierten Bilder nicht viel schärfer als jene eines Zehn-Zentimeter-Fernrohrs.

Die adaptive Optik misst die ständig wechselnden Störungen, die die Lichtwellen beim Durchqueren der Atmosphäre erleiden. Nahezu zeitgleich werden diese mit Hilfe eines dünnen, deformierbaren Spiegels im Strahlengang des Teleskops kompensiert – und das hundert Mal pro Sekunde. Unzählige Motoren bringen ihn in genau die Form, die nötig ist, um den Störeffekt der Atmosphäre auszugleichen.

S&T / RICHARD TRESCH FIENBERG

Starre Spiegel sind ein Weg, um kostengünstige Teleskope zu realisieren wie das 9,2-Meter Hobby-Eberly-Telescope in Texas (rechts) oder das geplante Southern African Large Telescope (Salt, ganz rechts). Da sich die Erde dreht und der leichte Sekundärspiegel beweglich ist, können solche Fernrohre immerhin 70 Prozent des Himmels erfassen.



BEIDE: MC DONALD OBSERVATORY

Eine andere, im Vergleich zur adaptiven Optik aufwendigere Technik ist die Speckle-Interferometrie: Hier kombinieren die Astronomen Tausende von Bildern, um die atmosphärischen Störungen zu analysieren und durch komplexe Computerberechnungen zu beseitigen.

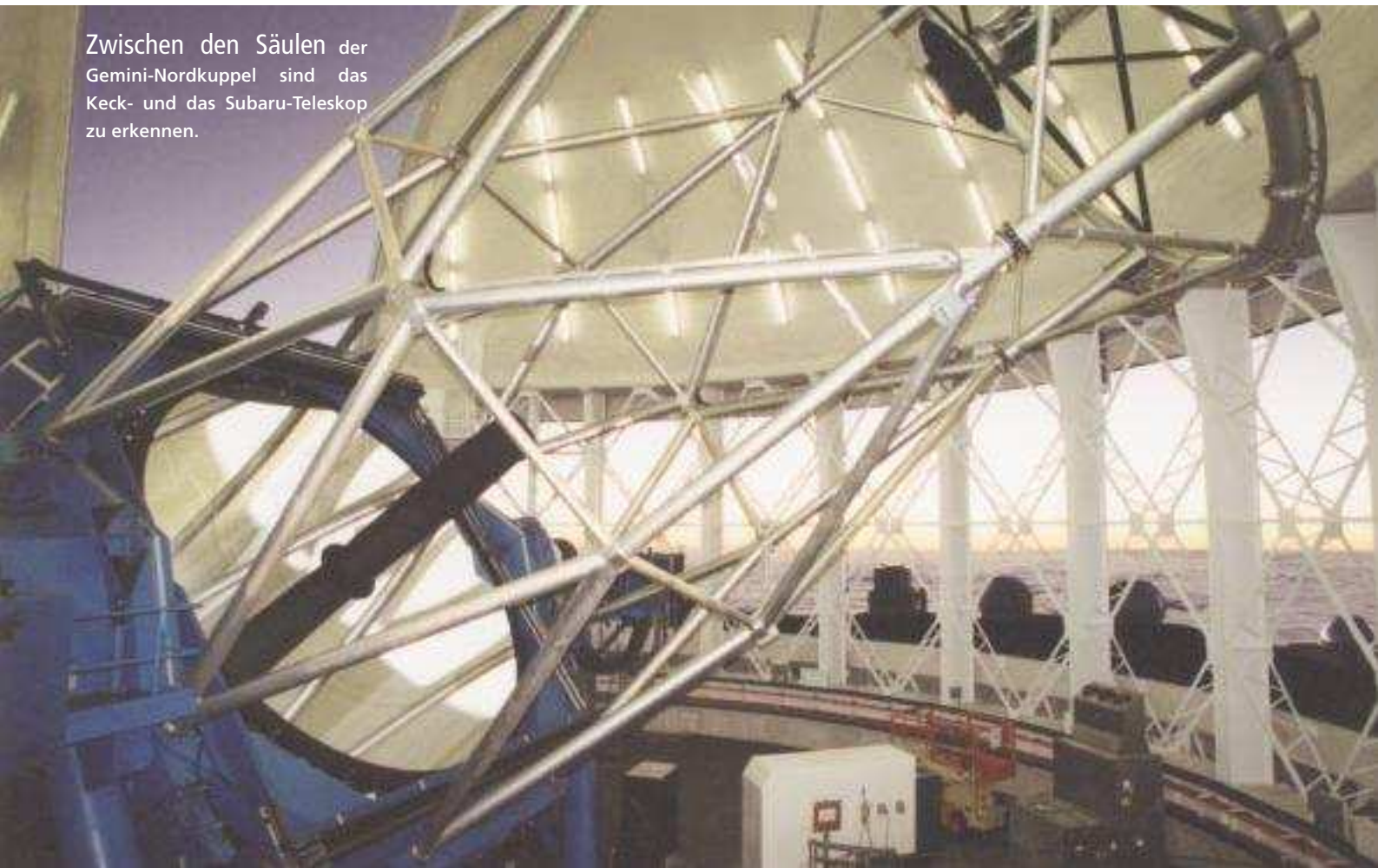
Während die Methoden der adaptiven Optik und der Speckle-Interferometrie im infraroten Spektralbereich inzwischen zum Beobachtungsstandard gehören, befinden sie sich für Messungen bei visuellen Lichtwellenlängen noch im Erprobungsstadium.

Früher hatten die Astronomen dagegen nur eine einzige Möglichkeit, dem störenden Einfluss der Atmosphäre zu entkommen: Sie mussten ihre Teleskope ins All befördern. Das Hubble Space Telescope (HST) mit seinem vergleichsweise kleinen 2,4-Meter-Spiegel lieferte bis vor kurzem schärfere Bilder als jedes Fernrohr auf der Erde. Adaptive Optik und Speckle-Interferometrie verhelfen den erdgebundenen Giganten heute sogar zu einer besseren Bildqualität als der des Hubble-Weltraumteleskops.

Wahre Entdeckungsflut

Dank ihrer großen Spiegelfläche und ihres intelligenten Designs revolutioniert die neue Teleskop-Generation die Astronomie. Die Giganten »erlauben es, Dinge zu tun, die vorher unmöglich waren«, so der Harvard-Astronom Robert Kirshner. Das Ergebnis ist eine wahre Flut an neuen Entdeckungen, die von unserer kosmischen Nachbarschaft bis zum Rand des sichtbaren Universums reichen.

Kirshner ist ein eifriger Nutzer des VLT, der Keck-Teleskope und des 6,5-Meter-MMT (Multi-Mirror-Telescope) in Arizona. Zusammen mit seinem internationalen Team untersucht er Supernovae in fernen Galaxien, um das zukünftige Schicksal des Universums zu bestimmen: Wird es ewig weiter wachsen oder kommt die Expansion irgendwann einmal zum Stillstand? Kehrt sie sich womöglich um und lässt den Kosmos in einer Art Implosion, dem »Big Crunch« enden? >



Zwischen den Säulen der Gemini-Nordkuppel sind das Keck- und das Subaru-Teleskop zu erkennen.

2001 NATIONAL ASTRONOMICAL OBSERVATORY OF JAPAN

GEMINI OBSERVATORY / GMOS TEAM

Mit Großteleskopen sind auch feine Einzelheiten naher Sternsysteme sichtbar, wie die atemberaubende Detail-Aufnahme der Andromeda-Galaxie M31 (oben) und der Spiralgalaxie M74 im Sternbild Fische (links) zeigen. So lassen sich Unterschiede im Sternentstehungsprozess zwischen verschiedenen Bereichen einer Galaxie erkennen.

> Eine Antwort auf diese Frage verspricht die Bestimmung der Expansionsrate für verschiedene Epochen unserer kosmischen Vergangenheit. Dazu müssen Astronomen wie Kirshner die Entfernungen von Galaxien bis in mehrere Milliarden Lichtjahre Entfernung möglichst genau bestimmen. Als Indikatoren – so genannte Standardkerzen – dienen hier Supernovae des Typs Ia. Das sind Weiße Zwergsterne, die plötzlich kollabieren und dabei eine gewaltige Explosion auslösen. Diese Supernovae verlaufen alle gleich, und erreichen immer dieselbe Maximalleuchtkraft.

Aber »es reicht nicht aus, nur diese Supernovae aufzuspüren«, erläutert Kirshner, »wir müssen auch verfolgen, wie sie lichtschwächer werden.« Denn aus dem Verlauf ihres Helligkeitsabfalls können die Astronomen sehr genaue Rückschlüsse auf ihre Maximalhelligkeit ziehen. Und daraus lässt sich ihre Entfernung bestimmen. Um sicherzugehen, dass es sich auch tatsächlich um eine Supernova des besagten Typs handelt, benötigen die Forscher ein Spektrum des Objekts. Und gerade hier »machen die Acht-Meter-Teleskope einen großen Unterschied«, so Kirshner. Sein Team benutzt bisher Vier-Meter-Teleskope und das Hubble Weltraumteleskop, um die Supernovae aufzuspüren. Um Spektren der besagten Objekte gewinnen zu können, sind die Forscher allerdings auf größere Geräte angewiesen.

Beschleunigte Expansion

Anhand des Vergleichs der Helligkeiten dieser kosmischen Leuchtfeuer – und damit ihrer Entfernungen – ist es Kirshners Team bereits gelungen, die zeitliche Änderung der kosmischen Expansionsrate zu bestimmen. Das überraschende Ergebnis: Die Expansion des Universums beschleunigt sich! Dies erscheint zunächst unlogisch, denn eigentlich sollte die Gravitationsanziehung der Galaxien untereinander die Expansion bremsen. Die beste Erklärung hierfür ist bislang, dass der Raum selbst eine abstoßende Kraft ausübt – eine Idee, die bereits Albert Einstein aus rein theoretischen Gründen hegte. Die so genannte »kosmologische Konstante« wirkt der Gravitation entgegen.

Während die Beobachtungsobjekte Kirshners Milliarden von Lichtjahre entfernt am Rand des sichtbaren Universums liegen, sind jene von Geoffrey Marcy von der University of California in Berkeley gerade einmal 300 Lichtjahre von uns entfernt. Marcy leitet das weltweit erfolgreichste Forscherteam, das nach Planeten außerhalb unseres Sonnensystems sucht. Gemeinsam mit seinen Kollegen studiert er die Spektren von Sternen und sucht in ihnen nach Linien, die sich periodisch verschieben – ein Anzeichen für das Torkeln des Sterns unter dem Schwerkrafteinfluss eines großen Planeten. »Letztlich geht es immer nur um Photonen,« erklärt Marcy, »je mehr Photonen wir sammeln – je mehr Licht wir also von unserem Objekt einfangen, desto leichter ist es für uns, Planeten aufzuspüren. Es ist wirklich unglaublich, was das Keck-Teleskop hier für uns leistet. Es hat die Genauigkeit immens verbessert.«

Nahezu alle der bislang rund hundert »Exoplaneten« sind vermutlich Gasriesen – viele davon erheblich massereicher als Jupiter, die ihr Zentralgestirn auf engen Umlaufbahnen umkreisen. Aber mit

OBSERVATORIES OF THE CARNEGIE INSTITUTION OF WASHINGTON

KIRK PU'UOHAU-PUMMILL, GEMINI OBSERVATORY

Edwin Hubble **(links) verbrachte viele kalte Nächte am Okular des 100-Zoll-Spiegels auf dem Mount Wilson, bevor er die Expansion des Universums entdeckte. Heute sitzen die Astronomen weitab der Kuppeln in beheizten Räumen voller Computer-Terminals. Mit dem Bedienpersonal vor Ort sind sie über Datenleitungen verbunden.**

Astronomische Beobachtungen sind nicht mehr das, was sie mal waren. Die gigantischen neuen Sternensucher – mit ihrer teuren Beobachtungszeit, ihren stetig komplexer werdenden Zusatzgeräten und der Stationierung auf unzugänglichen Bergspitzen – verändern die Art, in der Astronomie betrieben wird.

Das Keck-Observatorium beispielsweise rät seinen Benutzern bereits davon ab, auf den Mauna Kea zu kommen. Bei einer Höhe von 4200 Metern gibt es auf dem Gipfel nur halb so viel Sauerstoff wie auf Meereshöhe. Außerdem fällt die Temperatur des kalten Windes oft unter null Grad – alles andere als ein angenehmer Ort zum Arbeiten. Daher steuern die Beobachter das Teleskop meist per Computer von einer 70 Kilometer entfernt in Waimea gelegenen Station aus. Auf dem Mauna Kea sitzt derweil nur noch ein so genannter »telescope operator«. Die Astronomen haben mit einer Vielzahl von Monitoren und Computern den gleichen Zugriff, als säßen sie im Steuerraum des Teleskops. »Mir gefällt das«, meint Geoffrey Marcy, »es ist erheblich einfacher auf Meereshöhe zu schlafen, zu arbeiten und nachzudenken.« Robert Kirshner stimmt dem zu: »Man verliert absolut nichts, wenn man in Waimea arbeitet, aber man gewinnt enorm mit Blick auf die körperliche und geistige Beanspruchung.«

An anderen Sternwarten, wie dem VLT oder den Geminis, wird ein Teil der Beobachtungen im so genannten »service mode« absolviert: Wissenschaftler vor Ort führen die Beobachtungen durch und schicken den auftraggebenden Forschergruppen die Ergebnisse per Datenleitung zu. Dieses Art der Beobachtung ist zwar für die erdgebundene Astronomie neu, wird aber bei Weltraumteleskopen schon lange praktiziert. Der Hauptvorteil ist die gewonnene Effizienz: Die Observatorien können alle genehmigten Programme in einer Warteschlange sammeln und dann an einem Stück durchführen, wenn die Bedingungen gerade günstig sind.

Die Astronomen dagegen ersparen sich unter Umständen viele tausend Kilometer lange Reisen und den Umgang mit neuen, komplizierten Geräten. Außerdem benötigen manche Forschergruppen nur einige wenige Bilder oder Spektren eines Objekts, die innerhalb weniger Minuten gewonnen werden können. Früher musste hierfür oft eine komplette Nacht Beobachtungszeit beantragt werden.

Meist funktioniert dieses System ganz gut, doch einige Astronomen beschweren sich bereits, dass sie nicht mehr die Möglichkeit haben, ihre Programme in letzter Minute zu ändern, oder an die ersten einlaufenden Ergebnisse anzupassen.

Die Zeiten, in denen Edwin Hubble durch das Okular des 100-Zoll-Teleskopes auf dem Mount Wilson beobachtete, sein Nachtmahl stets griffbereit neben sich, sind jedenfalls lange vorbei.

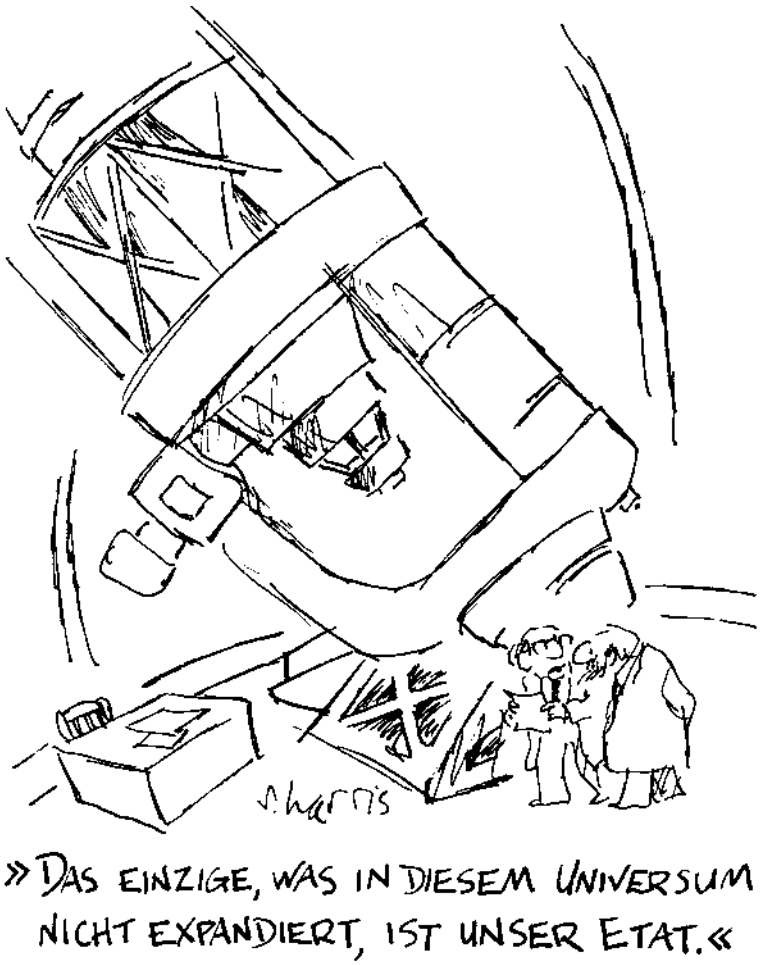
Schon bald werden Astronomen mit einem Teleskop beobachten können, dass sich auf einem ganz anderen Kontinent befindet, während sie daheim in ihrem Büro sitzen oder sich zwischendurch eine »Mitternachtsmahlzeit« beim Schnellimbiss um die Ecke holen.

dem Keck-Teleskop gelingt es Marcy inzwischen auch Planeten aufzuspüren, die geringere Massen und größere Umlaufbahnen besitzen, an ihrem Stern also sehr viel weniger rütteln.

Marcy hofft, innerhalb weniger Jahre auch Planeten finden zu können, die nur wenig massereicher sind als die Erde. »Das wäre cool«, strahlt er zuversichtlich, »denn solche Planeten sind vermutlich felsig – dort könnte sich Wasser in Flüssen, Seen und Meeren sammeln. Wasser in flüssiger Form ist aber ein wichtiges Lösungsmittel für biochemische Prozesse.« Die Entdeckung wasserreicher, bewohnbarer Welten in der unmittelbaren Umgebung anderer Sterne wäre ein wichtiger Schritt auf dem Weg zur Beantwortung der Frage nach der Existenz außerirdischen Lebens. (Siehe auch den Artikel »Moleküle des Lebens« Seite 18).

Die neuen Großteleskope liefern aber auch schärfere Bilder von Objekten, die nah bei uns liegen. Die Planetenforscherin Imke de Pater, ebenfalls von der University of California in Berkeley, nutzt die adaptive Optik des Keck-Teleskops, um Planeten und Monde des äußeren Sonnensystems zu studieren. Bei ihren >

Beobachtungen im infraroten Teil des Spektrums können de Pater und ihre Mitarbeiter fleckige Wolken in der Atmosphäre des Uranus ebenso ausmachen wie den hellen Epsilon-Ring und drei weitere schmale »Ringlets« um den Planeten. »Da Uranus sich einmal alle 17 Stunden um sich selbst dreht, kann man schon in einer halben Nacht sehen, wie sich die Wolken über die Planetenscheibe bewegen«, so de Pater und deutet auf die atemberaubenden Aufnahmen auf ihrem Computerschirm. »Wir sehen unglaubliche Einzelheiten auf Uranus, die so niemals zuvor sichtbar waren«, freut sich die Forscherin.



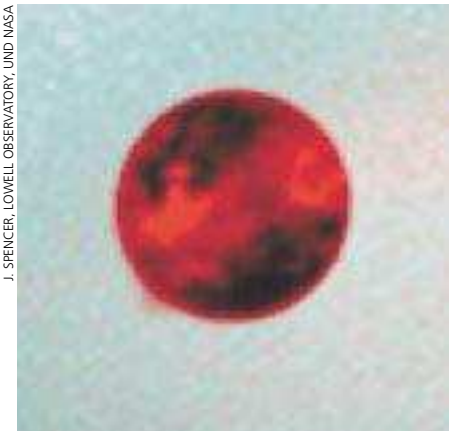
Vulkanausbrüche auf Io

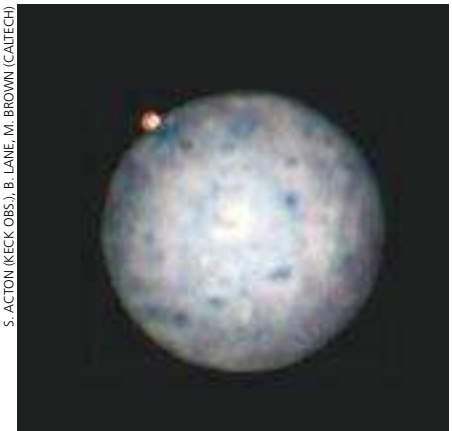
Ein weiteres bevorzugtes Beobachtungsobjekt von de Pater ist der Saturnmond Titan – der einzige Mond im Planetensystem mit einer dichten Atmosphäre. »Die große Frage ist, ob Titan Ozeane auf seiner Oberfläche besitzt«, erläutert de Pater, »noch wissen wir die Antwort darauf nicht.« Auch der Jupitermond Io steht auf der Beobachtungsliste der Astronomin. Der Mond ist vulkanisch aktiver als jeder andere Himmelskörper im Planetensystem. »Im Februar 2001 konnten wir mit dem Keck einen enormen Ausbruch auf Io beobachten. Im Infraroten war der Ausbruch sogar heller als der Mond selbst«, so de Pater. Raumsonden wie Voyager und Galileo lieferten bisher nur Schnappschüsse von Ios Ausbrüchen. Beobachtungen von der Erde aus können dagegen die vulkanischen Aktivitäten langfristig überwachen. De Pater plant jetzt, auch die Gemini-Teleskope und das VLT zur Überwachung von Ios Vulkanen und zur Suche nach niedrigen Wolken auf Titan zu nutzen.

Michael Brown vom Caltech studiert mit den Keck-Teleskopen die so genannten Kuiper-Gürtel-Objekte (Kuiper Belt Objects oder KBOs), eisige Himmelskörper am äußeren Rand des Planetensystems. Der Durchmesser der KBOs variiert von wenigen Kilometern bis hin zu über 1000 Kilometer. »Es sind die wahren Überreste aus den frühen Tagen des solaren Nebels«, sagt Brown, »sie sind seit gut 4,5 Milliarden Jahren tiefgefroren.« Brown nutzt das Keck um Spektren dieser Objekte aufzunehmen und so ihre chemische Beschaffenheit zu analysieren. »Diese Dinger sind so leuchtschwach, dass solche Messungen ohne Zehn-Meter-Teleskope unmöglich wären«, erklärt der Astronom. Brown und anderen Forschern ist es bereits gelungen, Hinweise auf organische Moleküle in diesen primitiven Himmelskörpern zu finden.

Mit einem Vorsprung von sechs Jahren konnten die Keck-Zwillinge bislang mehr neue wissenschaftliche Erkenntnisse liefern als alle ihre Nachfolger. Aber die Konkurrenz ist härter geworden. So nutzte im Jahr 2001 ein Astronomenteam unter der Leitung von Danielle Alloin von der europäischen Südsternwarte Eso das VLT, um Beweise für die Existenz eines gigantischen Schwarzen Lochs im Kern der nahen Galaxie M77 im Sternbild Walfisch zu finden. Auf dem Gebiet der Infrarot-Astronomie und der adaptiven Optik haben sich die Gemini-Teleskope inzwischen eine Spitzenstellung erkämpft. Die am Gemini-Nord gewonnene Aufnahme vom Zentrum unserer

Der Vergleich von erd- und weltraumgestützten Aufnahmen vulkanischer Aktivität (rechts, Keck-Teleskop, November 1999 und links, HST, Juli 1996) auf dem Jupiter-Mond Io zeigt die Leistungsstärke moderner Großteleskope auf dem Boden. In beiden Fällen sind viele Details der Mondoberfläche sowie Eruptionsfontänen zu erkennen.


J. SPENCER, LOWELL OBSERVATORY, UND NASA


S. ACTON (KECK OBS.), B. LANE, M. BROWN (CALTECH)

Milchstraße gehört zu den schärfsten überhaupt.

Machen die neuen Großteleskope auf der Erde also Weltraumteleskope wie Hubble überflüssig? Keineswegs! Denn Hubble hat im Bereich der visuellen Beobachtung immer noch die Nase vorn, weil die heute zum Einsatz kommende adaptive Optik bisher nur im infraroten Wellenlängenbereich gut funktioniert. Außerdem können erdgebundene Teleskope nicht im ultravioletten Licht beobachten, da diese Strahlung von der irdischen Ozonschicht blockiert wird.

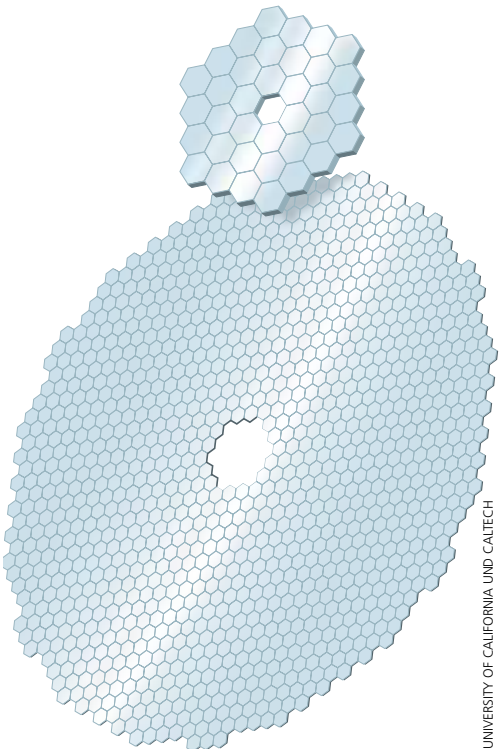
Interferometrie

»Man muss für jeden Job das richtige Werkzeug benutzen«, beschreibt Kirshner die Situation. Die einzigartigen Fähigkeiten des HST ergänzen also die Fähigkeiten der erdgebundenen Geräte. Deshalb plant die amerikanische Weltraumbehörde Nasa auch den Start eines sechs Meter großen Nachfolgers für Hubble. Das »James Webb Space Telescope« (JWST) soll innerhalb der nächsten zehn Jahre gestartet werden. Einige Bereiche der infraroten Strahlung können die Erdatmosphäre nicht durchdringen, andere werden durch die Eigenwärme der Teleskope überstrahlt. Vom kalten Vakuum des Weltraums aus aber kann das JWST tief auf die in Staub eingebetteten Stern-Embryos blicken und nach Babygalaxien im fernen Universum Ausschau halten.

Auf der Erde ist der nächste Schritt, zwei oder mehr der Giganten gemeinsam zu nutzen, um noch schärfere Bilder zu erhalten. Die Technik, die von mehreren Teleskopen empfangene Strahlung zu kombinieren, nennt sich Interferometrie und wird seit langem routinemäßig in der Radioastronomie genutzt. Doch ist der Einsatz interferometrischer Methoden im Infraroten oder im sichtbaren Licht erheblich schwieriger, da die Wellenlängen dort typischerweise 10 000-mal kleiner sind als im Radiobereich. Die Kombination zweier Strahlen erfordert also eine erstaunliche Präzision – bereits Fehler von einem Bruchteil eines Mikrometers machen die Beobachtung quasi nutzlos.

Doch die ersten Ergebnisse sind vielversprechend. Vor ein paar Monaten gelang es bereits, die Strahlengänge der beiden Keck-Teleskope erfolgreich miteinander zu kombinieren. Auch das VLT-Interferometer, dass letztlich alle vier Teleskope vereinen soll, hat erste Tests erfolgreich bestanden (siehe »Geballte Teleskop-Power« S. 15). Innerhalb der nächsten Jahre werden die miteinander verknüpften Großteleskope unseren Blick auf den Himmel noch einmal schärfen – vielleicht können wir dann zum ersten Mal auch einen Planeten bei einem anderen Stern sichtbar machen.

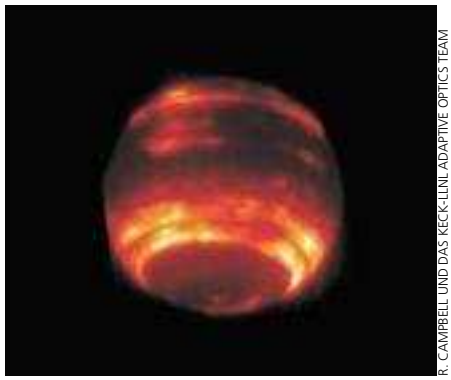
Doch all dies ist nur das Vorspiel zur nächsten Generation der Super-Teleskope. Die Entwickler der Keck-Teleskope haben bereits ein 30 Meter großes Mega-Teleskop auf dem Reißbrett entworfen – das »California Extremely Large Telescope« (Celt). Astronomen in den USA und in Europa beschäftigen sich bereits mit Plänen für 30 bis 50 Meter große Teleskop-Monster. Der ambitionierteste aller Pläne wird an der Europäischen Südsternwarte Eso ausgebrütet: Das »Overwhelmingly Large Telescope«, kurz OWL, soll aus 2000 Spiegelsegmenten bestehen, die eine Fläche so groß wie ein Fußballfeld bedecken. Werden diese Pläne Realität, so kommen die Astronomen der Zukunft dem Kosmos so nah wie niemals zuvor. <<



UNIVERSITY OF CALIFORNIA UND CALTECH

Bereits heute arbeiten Forscher an Plänen für die nächste Teleskopgeneration, zum Beispiel für den ersten 30-Meter-Spiegel. Das »California Extremely Large Telescope« (Celt) soll aus 1080 Segmenten bestehen, die jeweils ein halben Meter Durchmesser haben. Zum Vergleich: die 36 Segmente des Keck-Teleskops mit jeweils 0,9 Meter Durchmesser (oben).

S. MARTIN, B. MCINTOSH, I. DE PATER, D. LE MIGNANT



R. CAMPBELL UND DAS KECK-LLNL ADAPTIVE OPTICS TEAM

Die adaptive Optik des Keck-Teleskops ermöglichte diese detailreichen Falschfarbenaufnahmen zweier äußerer Planeten. Oben: Bei einer Wellenlänge von zwei Mikrometern ist die Methan-Hülle des Uranus zu erkennen, die nahe des Südpols (links im Bild) besonders dicht ist und im Norden kleine Wolken aufweist. Außerdem sind innerhalb des hellen Epsilon-Rings noch drei schwächere Ringe zu erkennen. Unten: Bei 1,4 Mikrometern zeigt Neptun ebenfalls hohe Wolken in seiner Atmosphäre.

Ray Jayawardhana ist Miller Research Fellow im Fach Astronomie an der University of California in Berkeley. Er benutzt regelmäßig die Teleskope Keck, Gemini und VLT, um die Entstehung von extrasolaren Planetensystemen zu untersuchen.

Himmlisches Kunstwerk

>> J. Jeff Hester

Noch heute erinnere ich mich an die Astronomie-Seiten in unserem Familienatlas, auf denen ich als Kind über den dort abgebildeten Pferdekopfnebel Bauklötze staunte. Natürlich hatte ich damals noch keine Vorstellung davon, was es damit auf sich hat, doch immer wieder kehrte ich fasziniert auf diese Seiten zurück.

Irgendwie, inmitten all jener Bilder von Sternen und Galaxien, war da dieses dunkle Gespinst, das einen unzweifelhaft an den vierbeinigen Namensgeber erinnerte, meine kindliche Vorstellungskraft anregte und auf die ungelösten Wunder des Himmels lenkte.

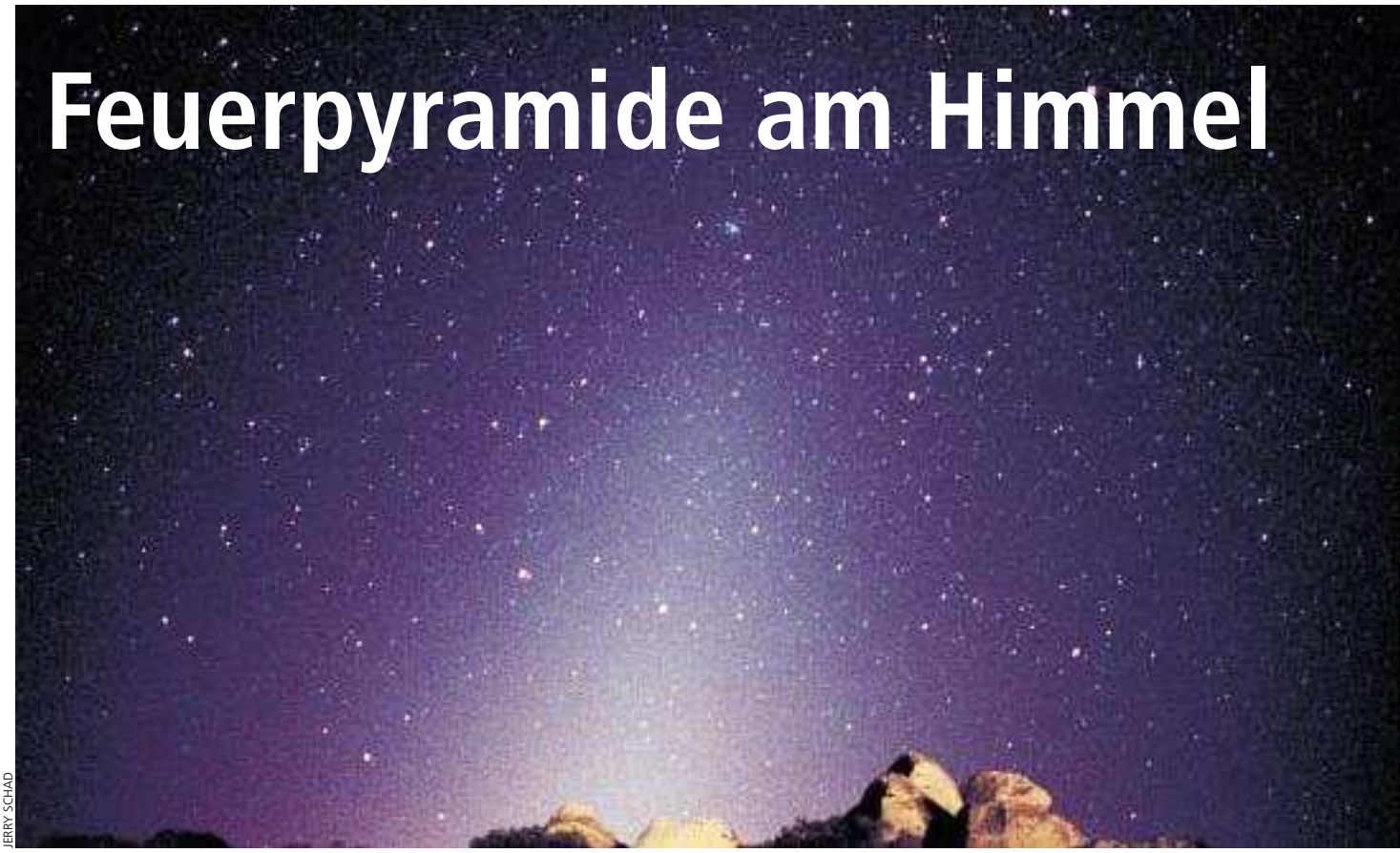
Was wir sehen bestimmt sich zu gleichen Teilen durch unsere Vorstellungskraft, unsere Ideen von der Welt als auch von den Lichtteilchen, die unsere Augen treffen. Wenn ich mir das Foto, das mit dem 90-Zentimeter-Teleskop auf dem Kitt Peak gemacht wurde, aus Astronomensicht betrachte, so stehen ganz andere Dinge im Vordergrund. »Pferdekopf« scheint mir dann eher ein banaler Name für dieses Kunstwerk der Natur, das die vereinten Kräfte aus Schwerkraft, Strahlungsdruck und Gas aus dem interstellaren Medium formten. Meinen Eindruck würde ich lieber mit dem Begriff »Skulptur eines ärgerlichen Bildhauers« umschreiben. Ich denke dabei an eine Säule aus Ton, die von der Faust ihres frustrierten Töpfers abgeflacht und zurechtgestutzt wurde. Auch erinnert mich der Pferdekopfnebel an die Sternentwicklung. Staub aus Atomen lang verglühter Sterne verbirgt hier das dunkle Herz des Nebels. Darin kollabieren heute die Zentren großer Molekülwolken unter ihrem eigenen Gewicht und setzen so neue Sterne und Planetensysteme in die Welt. Im Hintergrund des Pferdekopfnebels leuchtet Gas, das durch die starke ultraviolette Strahlung nahe stehender Riesensterne ionisiert wird. Diese Sterne haben – astronomisch gesehen – nur eine kurze Lebensdauer, bevor sie in einer rie-

sigen Explosion verdampfen. Ähnlich wie bei den Säulen des Adlernebels verschlingt die Strahlung benachbarter Sterne immer mehr vom eigentlichen Pferdekopf und lässt ihn wie einen Block Trockeneis in der Sonne schmelzen. Der Nebel ist also ziemlich vergänglich: Höchstens eine Million Jahre werden ihn unsere Nachfahren noch am Himmel bewundern können. Doch Tod und Geburt gehen hier Hand in Hand – die gleiche Strahlung, die diesen Nebel über kurz oder lang verschwinden lässt, sorgt auch dafür, dass sich in den in ihm befindlichen Dunkelwolken neue Sterne bilden.

Doch ist dies alles so anders als der Anblick, der sich mir als kleines Kind vor 35 Jahren bot? Sicherlich nicht. Damals wie heute steht der Pferdekopfnebel für eine Verbindung zwischen Ästhetik, Wissenschaft und Technologie. Sein Anblick regt uns an, die Grenzen unseres Wissens immer weiter hinauszuschieben. Gleichzeitig ist diese Wolke Ausdruck der majestätischen Schönheit unseres kosmischen Zuhauses. <<

J. Jeff Hester ist Astronom an der Arizona State University und Mitglied des wissenschaftlichen Teams, das die Optik des Hubble-Weltraumteleskops wieder in Ordnung brachte. Ihn interessiert alles, was mit der Wechselwirkung massiver Sternexplosionen auf das interstellare Medium zu tun hat.

Feuerpyramide am Himmel



JERRY SCHAD

Wer das Zodiakallicht zum ersten Mal sieht, dem stockt gewöhnlich der Atem. Kein Wunder – entdeckt man doch mit ihm das geisterhafte Halsband der Sonne.

>> Stephen James O'Meara

Der perlmuttfarbene Kegel des Zodiakallichts ist leicht nach rechts geneigt, wenn er kurz vor Dämmerungsbeginn an einem Herbstmorgen zwischen den Sternbildern Löwe und Krebs im Osten aufsteigt. Der Fotograf Jerry Schad aus San Diego machte diese 60-Sekunden-Aufnahme mit einem 24-mm-Objektiv (f/1,4) auf Kodak Ektachrome P1600. An Frühlingsabenden ist der Kegel auf der nördlichen Hemisphäre dagegen leicht nach links geneigt.

Dort, wo die Sonne untergeht, erscheint jedes Jahr im Frühling mit zunehmender Dämmerung ein Kegel aus diffusem Licht am Horizont. Es ist jedoch nicht die Milchstraße, deren leuchtendes Band es an Helligkeit sogar übertreffen kann. Diese »Aura aus schwachem perlmuttfarbenem Licht«, wie es Eliza Bowen 1886 einmal populär formulierte, folgt der scheinbaren Sonnenbahn (der so genannten Ekliptik) wie eine neblige Landstraße durch die Sternbilder des Tierkreises (»Zodiakus«) am Himmel. Daher wird es auch Zodiakallicht oder Tierkreislicht genannt.

Niemand kann die Entdeckung des Zodiakallichts für sich in Anspruch nehmen. Es ist und war schon immer grundlegender Bestandteil des Himmels. Der römische Schriftsteller Seneca aus dem 1. Jahrhundert nach Christus nannte es das »gestreute Feuer« analog zum Glühen des Himmels bei fernen unsichtbaren Flammen. Noch früher glaubte Aristoteles, der das Wort »Zodiakus« (»Kreis der Tiere«) prägte, dass heiße Ausgasungen aus dem Erdinneren wie bei Vulkanausbrüchen den Himmel erreichen und dort nebelhafte Phänomene wie Kometen, die Milchstraße und das Zodiakallicht hervorbringen könnten. Immanuel Kant, Philosoph des 18. Jahrhunderts, beschrieb die Sonne als von einem »feinen Dampf« oder einer »Halskrause« umgeben.

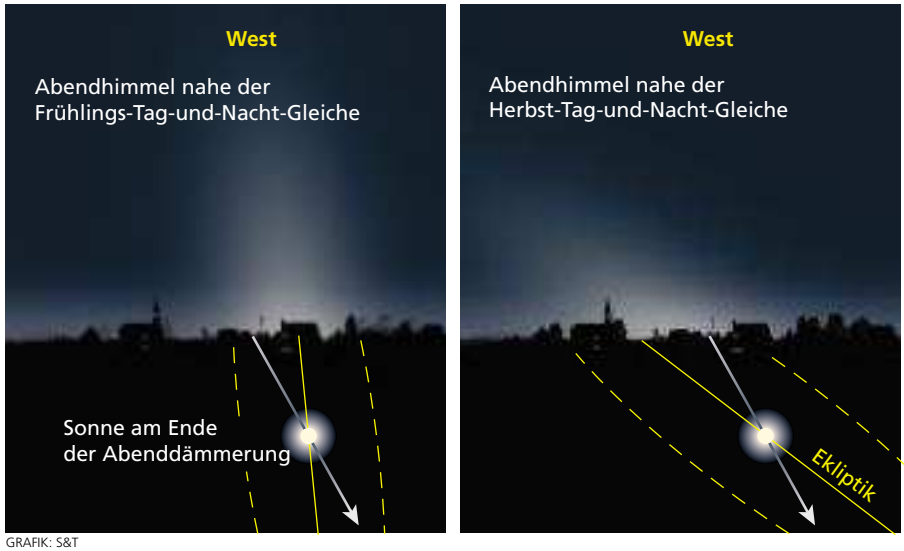
In gewissem Sinn ist das Zodiakallicht eine Reflexion des von Aristoteles beschriebenen Feuerscheins, wenn dieser auch nicht von der Erde stammt. Spektroskopische Studien ergaben, dass das Zodiakallicht Sonnenlicht ist, das an winzigen Staubpartikeln in der Ekliptik reflektiert oder gestreut wird. Die meisten dieser Teilchen mit Durchmessern zwischen 0,3 und 300 Mikrometern stammen von Kometen, wenngleich der Infrarotsatellit Iras 1983 drei riesige Staubringe zwischen Mars und Jupiter entdeckte, die nahe legen, dass auch Trümmer von Asteroidenkollisionen zum Leuchten beitragen.

Zu Beginn des 20. Jahrhunderts beschrieben der britische Physiker J. H. Poynting und der amerikanische Physiker Howard Percy Robertson, wie Staubpartikel, die kleiner als ein Mikrometer sind, durch den Strahlungsdruck der Sonne in die Tiefen des Weltraums hi-

nausbefördert werden. Die etwas größeren fängt die Sonne dagegen mit ihrer Schwerkraft langsam ein. Die Staubteilchen verlassen das Sonnensystem also entweder für immer oder sie beschließen ihr Leben auf Spiralbahnen, die in der Sonne enden. Pro Sekunde stürzen etwa zehn Tonnen interplanetaren Staubs in die Sonne. Das entspricht 300 Millionen Tonnen pro Jahr. Dennoch wird das Zodiakallicht mit der Zeit nicht schwächer, da Kometen ständig neue Partikel in der etwa gleichen Menge nachliefern.

Wenn das Zodiakallicht so offensichtlich zu Tage tritt, warum ist es dann heutzutage kein gewohnter Anblick am Frühlingsabendhimmel? In seinem Buch »Popular Astronomy« von 1884 behauptet Joel Dorman Steele, dass es manchmal mit der Milchstraße oder einem Nordlicht verwechselt werden könne. Dem ungeübten Laien kann es sogar völlig entgehen. Es ist jedoch nicht allzu schwierig, das Zodiakallicht zu beobachten, wenn die Bedingungen gut sind. Wie im Fall der Milchstraße ist ein dunkler Himmel die wichtigste Voraussetzung. Bei hellem Mondlicht oder bei Straßenbeleuchtung bleibt das Zodiakallicht dagegen unsichtbar. Die Atmosphäre sollte frei von Verschmutzungen sein, und die Augen sollten vorher mindestens 15 bis 20 Minuten lang an die Dunkelheit gewöhnt werden.

Von mittleren nördlichen Breiten aus ist der Schein des Tierkreislichts in den Monaten März und April am besten abends, im September und Oktober am besten morgens zu beobachten. Während dieser Zeiten ist der Winkel, den Ekliptik und Horizont bilden, am größten. Am morgendlichen und abendlichen Winterhimmel muss sich das Zodiakallicht die Ekliptik indes mit der stark ausgeprägten Milchstraße im Skorpion und Schützen teilen, was ein Beobachten beinahe unmöglich macht. Zudem steht die Ekliptik im Winter tief am Himmel, was das Leuchten des Tierkreislichts durch Lichtabsorption in der Erdatmosphäre deutlich abschwächt. Während der Sommermonate ist der Winkel zwischen Ekliptik und Horizont zwar etwas größer. Zu dieser Zeit ist aber auch die Dämmerung länger, und der hellste Teil des Zodiakallichts bei Einbruch der Dunkelheit bereits untergegangen. In den Tropen, wo die Ekliptik das ganze Jahr hindurch steil am Himmel steht, sind die Sichtbedingungen naturgemäß am besten.



GRAFIK: S&T

Die beste Zeit, um von mittleren nördlichen Breiten aus das abendliche Zodiakallicht zu sehen, ist Ende März (links), wenn die Ekliptik beinahe senkrecht über dem westlichen Horizont steht. Sechs Monate später (rechts) neigt sich die Ekliptik nach Sonnenuntergang stark zum Horizont, was die Beobachtung am Abend viel schwieriger macht.

Das Zodiakallichtband

Für Beobachter in gemäßigten nördlichen Breiten ist also der Frühling die ideale Jahreszeit, um das Himmelslicht ausfindig zu machen. Gute atmosphärische Bedingungen vorausgesetzt bedeckt der breiteste Teil des Zodiakallichts etwa 25 bis 30 Grad am Himmel. Vom Zentrum nach außen hin wird es immer schwächer, bis es vom Himmelshintergrund nicht mehr zu unterscheiden ist. So wie die Milchstraße hat auch das Zodiakallicht keine eindeutige Begrenzung. Der Lichtkegel verjüngt sich allmählich nach oben und besitzt in einer Höhe von etwa 60 Grad über dem Horizont nur noch eine Breite von wenigen Winkelgraden. Von dort setzt er sich dann als schwaches, schmales Band über den gesamten Himmel bis zum östlichen Horizont fort. Diese extrem schwache Verlängerung wird Zodiakallichtband genannt. Wenn man diesen Streifen sehen kann, ist das der Beweis für einen wirklich dunklen und klaren Himmel.

Kurz vor Beginn der Morgendämmerung taucht das Zodiakallicht im Osten wieder auf,was ihm auch den populären Namen »falsche Morgenröte« eingebracht hat. Die Dämmerung verhindert, dass wir das Zodiakallicht in einem geringerem Winkel als etwa 30 Grad von der Sonne wahrnehmen können. Damit ist auch klar, dass die vom Menschen verursachte Lichtverschmutzung der ärgste Feind des Zodiakallichts ist.

Das Tierkreislicht ist weder fest im Raum verankert noch zeitlich unveränderlich. Zahlreiche Beobachtungen während der letzten Jahrhunderte sprechen dafür: So wird von seltsamen Anomalien wie etwa »wellenförmigen Schwankun- >

ESA / NASA

Ein Teilchen des Zodiakallichts Die karottenförmige Einschlagspur ist nur wenig länger als 0,127 Zentimeter. Das Teilchen mit einem Durchmesser von 25 Mikrometern ist direkt unterhalb der Spur sichtbar (unten rechts).

RUSSELL DOESCHER

Während der Texas Star Party, die im Jahr 1998 bereits im April stattfand, stand das Zodiakallicht steil am Himmel und überraschte Hunderte von Teilnehmern, die Kameras und Rotlicht-Taschenlampen mitgebracht hatten. Russel Doescher gelang diese 12-Minuten-Aufnahme mit einem 17-mm-Objektiv (f/3,5) auf EliteChrome 400.

> gen« der Lichtachse relativ zur Ekliptik berichtet.

Auch gibt es Hinweise darauf, dass das Zodiakallicht stärker strahlt, wenn die Sonne sehr aktiv ist. Der deutsche Arzt und Amateurastronom Heinrich Olbers schrieb im Jahre 1840, dass sein Neffe, Wilhelm Focke, ein »ungewöhnlich helles Glänzen im Zodiakallicht« beobachtet hatte, »als die Sonnenflecken sehr zahlreich waren«. Im Jahre 1970 berichteten Edwin L. Vande Noord und seine Kollegen von fotometrische Beobachtungen, die sie in den bolivianischen Anden vor, während und nach einem starken magnetischen Sturm gemacht hatten, der einer heftigen Sonneneruption folgte. Ihre Ergebnisse scheinen den seit über hundert Jahren bestehenden Verdacht zu bestätigen, dass sich das Zodiakallicht während starker Polarlichtaktivität verändert. Vor einigen Jahren durchgeführte Ballonexperimente zeigen allerdings keinen eindeutigen Zusammenhang zwischen Zodiakallicht und Sonnenaktivität.

Weicht das Leuchten jemals von der Ekliptik ab? Auch das ist möglich. Nachdem er in Südeuropa zwischen 1869 und 1871 eine Reihe von Beobachtungen gemacht hatte, berichtete George L. Tupman, dass die Symmetrieachse des Zodiakallichts in Bezug auf die Ekliptik im Jahresverlauf beachtlich variiere. Während sie im Winter fast parallel zur Ebene der Ekliptik stehe, bilde sie im August und September mit dieser einen Winkel von bis zu 20 Grad. Auch der australische Beobachter A. D. Ross und seine Frau beobachteten am 20. August 1913 ein zur Ekliptik deutlich asymmetrisch verschobenes Zodiakallicht. Masateru Ishiguro von der Universität Kobe untersuchte das Zodiakallicht zwischen 1995 und 1997 fotometrisch an drei dunklen Orten der nördlichen Hemisphäre. Dazu benutzte er ein Weitwinkelobjektiv mit Blau-, Grün- und Rotfiltern, das an einer CCD-Kamera angebracht war. Jedes Jahr im September bemerkte er, dass das Helligkeitsmaximum des abendlichen Leuchtens relativ zur Ekliptik nach Norden, das des morgendlichen Leuchtens aber nach Süden verschoben war.

In vielen künstlerischen Darstellungen und auf Fotografien ist das Zodiakallicht als zarter Kegel zu erkennen, der mit zunehmender Höhe allmählich schwächer wird. Tatsächlich ist seine Struktur aber viel komplexer: Seine vielleicht größte Besonderheit ist eine spitze Nadel aus Licht, die auf einer Kegelachse balanciert. Ihre Intensität kann im Laufe von Nächten oder auch Monaten variieren. Außergewöhnlich sind auch die Farbveränderungen: Vom Sockel berichtete man oft, er sei purpurrot. Der Kegel des Zodiakallichts wurde schon als gelb, rot, grün schimmernd, taubenblau, perlmuttfarben oder einfach milchig weiß beschrieben. Vielleicht tragen Ihre eigenen Beobachtungen dazu bei, diese und andere Ungereimtheiten des Zodiakallichts zu klären. <<

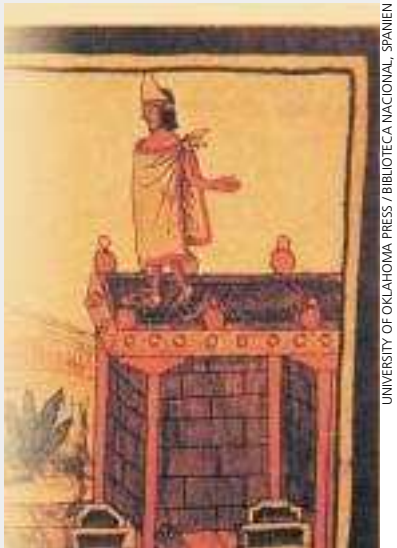
Der ASTRONOMIE-HEUTE-Autor **Stephen James O´Meara** hat das geisterhafte Lichtband der Sonne viele Jahre lang von Volcano, Hawaii, aus beobachtet.

Montezuma und das Zodiakallicht

Das Erscheinen des Zodiakallichtes hatte im 16. Jahrhundert katastrophale Auswirkungen auf das Aztekenreich. Der Aztekenherrscher Montezuma II erwartete damals die Rückkehr des legendären Gottes Quetzalcoatl. Die Azteken glaubten, dass diese Gottheit Mexiko vor vielen Zeitaltern mit dem Versprechen verlassen hatte, im rituellen Jahr »1 Acatl«, das alle 52 Jahre im aztekischen Sonnenkalender vorkommt, zurückzukehren. Aztekische Astrologen hatten prophezeit, dass Quetzalcoatl im Jahre 1519 mit einem weißen Bart auf einem magischen Floß aus Schilfrohr heimkehren und sein Reich zurückfordern würde.

Als das magische Jahr näher rückte, erkannte der abergläubige Montezuma eine Reihe von Vorzeichen am Himmel – das erste war das im Osten aufgehende Zodiakallicht. Das pyramidenförmige Leuchten erinnerte ihn an eine gewaltige Flut sprühenden Feuers. Im Angsttaumel hörte er das seltsame Licht sogar »leise Stimmen« und »trauriges Wehklagen« aussenden. Gemäß der Überlieferung folgten dieser Erscheinung bald zwei leuchtende Kometen – weitere Zeichen, die das Kommen von Quetzalcoatl anzukündigen schienen.

Schließlich traf der geistig verwirrte Imperator seine Gottheit – so dachte er zumindest: Als der weißbärtige spanische Eroberer Hernán Cortés im Jahre 1519 mit einem großen »Floß« an der Ostküste Mexikos landete und mit seiner kärglichen Armee von 500 spanischen Konquistadores auf die Hauptstadt der Azteken zumarschierte, begrüßte ihn Montezuma als Quetzalcoatl und übergab ihm kampflos sein Reich.



UNIVERSITY OF OKLAHOMA PRESS / BIBLIOTECA NACIONAL, SPANIEN

Der vergessene Entdecker

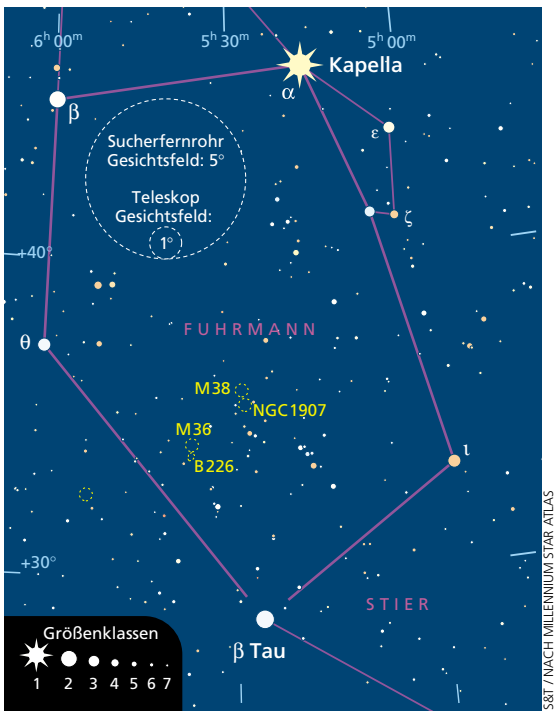
Im 17. Jahrhundert hatte der Astronom Hodierna ganz besonders die nebligen Flecken am Sternhimmel im Visier. Drei prominente Sternhaufen im Sternbild Fuhrmann zählen zu seinen Entdeckungen. **>> Sue French**

Am Nachthimmel in unseren Breiten ist der Fuhrmann (»Auriga«) eines der auffälligsten Sternbilder. In den frühen Abendstunden steht er nahezu senkrecht am Himmel, und unübersehbar prangt dort die helle Kapella oder Alpha Aurigae (α Aur), als einer der hellsten Sterne am Winterhimmel. Sie steht an einer Ecke des charakteristischen Fünfecks, aus dem der Fuhrmann besteht. Das Sternbild ist eine wahre Fundgrube an Sternhaufen, die auch für kleine Teleskope ein lohnendes Ziel sind. Ein Stern des Fünfecks scheint gleichzeitig auch zum Nachbarsternbild Stier (»Taurus«) zu gehören. Früher war es nicht ungewöhnlich, dass ein Stern zu zwei Konstellationen gehörte, dies kommt heute aber nicht mehr vor. Im Jahre 1929 hat die Internationale Astronomische Union (IAU) verbindliche, feste Grenzen zwischen den Sternbildern gezogen – seitdem gehört dieser Stern als Beta Tauri (β Tau) offiziell zum Stier.

Astronomische Schatztruhen im Fuhrmann sind die Objekte M36, M37 und M38 – drei offene Sternhaufen, die bereits Giovanni Hodierna (1597–1660) entdeckt hat. Die 1654 veröffentlichten Notizen des Sizilianers über seine Beobachtungen wurden erst kürzlich wieder entdeckt. Darin nennt er die Sternhaufen »nebulosae« – Stellen am Himmel, die mit bloßem Auge wie kleine Nebelwolken erscheinen, im Teleskop aber ihre wahre Natur als Anhäufung von Sternen preisgeben.

Wenden wir uns zuerst M38 zu. Er liegt im Herzen des Fünfecks, rund sieben Grad nördlich von Beta Tauri. Zusammen mit diesem Stern und Iota Aurigae (ι Aur) bildet er ein fast gleichseitiges Dreieck. Schon im Sucherfernrohr ist M38 als nebliges Fleckchen sichtbar. Mein 105-Millimeter-Refraktor zeigt bei 68facher Vergrößerung etwa sechzig Sterne 8. Größe und schwächer. Der Durchmesser des Sternhaufens beträgt etwa 20 Bogenminuten, wobei seine Ränder aber ziemlich unscharf sind. Auffällig ist ein einzelner Stern 9. Größe, der mitten in einem fast sternenleeren, fünf Bogenminuten großen Loch steht. Viele der helleren Sterne sind an vier Armen entlang angeordnet, die sich ausgehend von einer sternarmen Region im Zentrum nach außen erstrecken.

Zusammen bilden die Arme ein Sternkreuz, dessen längere Achse von Westsüdwest nach Ostnordost verläuft. Den Fuß des Kreuzes am ostnordöstlichen Rand des Haufens markiert das hellste Mitglied von M38, ein gelblicher Stern 8. Größe. Ein Erhöhen der Vergrößerung auf das 87fache bringt noch mehr schwä-



S&T / NACH MILLENNIUM STAR ATLAS

Auf dieser Karte zeigen die gestrichelten Kreise ein Gesichtsfeld von 5° für ein typisches Sucherfernrohr und 1° für ein kleines Teleskop bei niedriger Vergrößerung.

LEE C. COOMBS

Die beiden Sternhaufen M38 (oben) und NGC1907 (unten) sind im Herzen des Fuhrmanns eingebettet. M38 enthält über dreihundert Sterne, einige davon sind in Armen angeordnet, die vom Zentrum nach außen verlaufen. NGC1907 ist ein kompakter Sternhaufen mit knapp hundert Sternen. Er liegt etwa 0,5° südöstlich von seinem Begleiter.

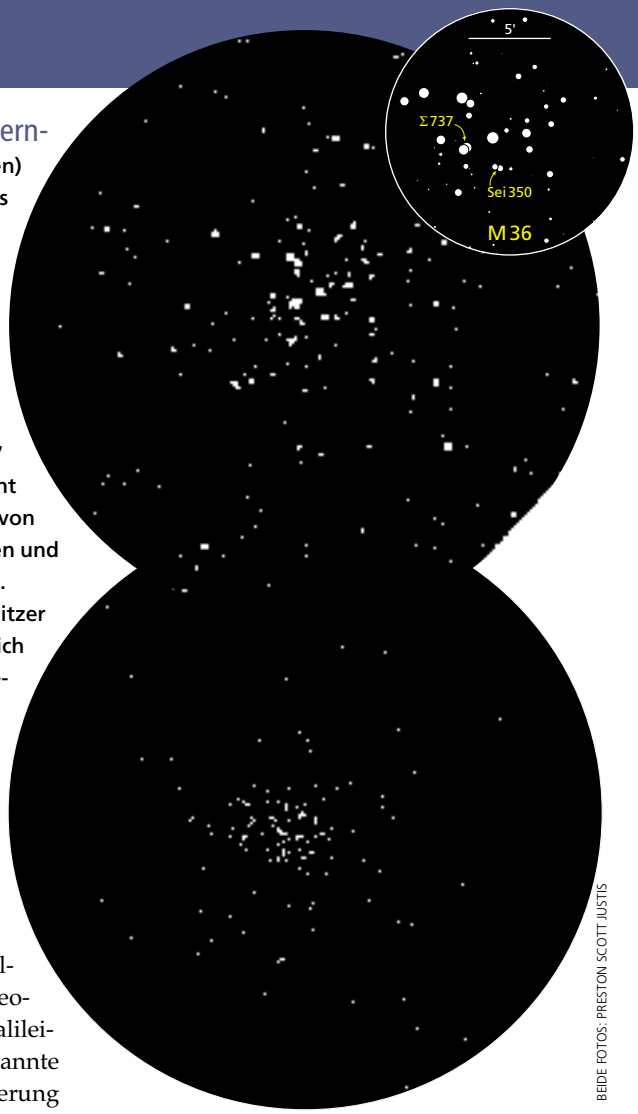
chere Sterne zum Vorschein. Die Zahl sichtbarer Sterne wächst dann auf etwa achtzig an.

Bei 87facher Vergrößerung überblickt mein Teleskop ein Gesichtsfeld von 53 Bogenminuten. Das reicht gerade, um neben M 38 auch noch den benachbarten NGC 1907 ins Blickfeld zu bekommen. Dieser kleine Sternhaufen liegt südsüdwestlich von M 38 und hat eine Ausdehnung von sechs Bogenminuten. Mein Refraktor offenbart einen dicht gewebten Teppich aus vielen schwachen Sternen vor einem nebligen Hintergrund, mit einem etwas helleren Stern östlich des Zentrums. Den südsüdöstlichen Rand schmückt ein Sternpaar 10. Größe.

Schatztruhe der Doppelsterne

Gerade mal 2,3 Grad südöstlich von M 38 finden wir M 36. Er bildet ein sehr flaches, gleichschenkliges Dreieck mit β Tau und Theta Aurigae (θ Aur) und ist schon durch den Sucher sichtbar. Bei 87facher Vergrößerung zeigt mein Linsenteleskop fünfzig mittelhelle bis schwache Sterne in einer lockeren Ansammlung von 15 Bogenminuten Durchmesser. Mehrere gebogene Arme aus den helleren Sternen greifen vom Zentrum nach außen. Man erkennt ein Sternpaar 9. Größe (Σ 737) ostsüdöstlich des Zentrums und ein zweites Paar 10. Größe in weiterer Entfernung (Sei 350) südlich des Zentrums. Etwa zehn Bogenminuten vom südlichen Ende des Haufens entfernt liegt der Dunkelnebel B 226, ein fast sternenleeres Loch, das den Anschein erweckt, hier hätte jemand ein paar Sterne ausgeschnitten und dafür bei M 36 wieder eingesetzt.

M 37, unser letzter offener Haufen, 3,7 Grad ostsüdöstlich von M 36, ist der hellste von den dreien. Er ist in etwa gleich weit außerhalb des Fuhrmann-Fünfecks entfernt, wie M 36 innerhalb steht. M 37 ist die Attraktion unter Hodiernas Sternhaufen im Fuhrmann: Bei 87facher Vergrößerung sehe ich in meinem Refraktor ein extrem dichtes Gewirr schwacher Sterne, die sich in mehreren Klumpen um einen zentralen, orangefarbenen Stern 9,1ter Größe scharen. Zahllose dunkle Bänder und Flecken verflechten sich mit dieser dicht gedrängten Schar von Lichtpünktchen. Dieses absolut wundervolle Sternengewimmel ist einer meiner persönlichen Deep-Sky-Favoriten.



BEIDE FOTOS: PRESTON SCOTT JUSTIS

Wie auch die anderen Sternhaufen erscheint M 36 (oben) bei niedriger Vergrößerung als ein nebliger Stern vor dem Hintergrund der Milchstraße. Eine höhere Vergrößerung löst seinen dicht gedrängten Kern in Einzelsterne auf.
Der schönste und reichste Haufen im Fuhrmann ist M 37 (unten). In seinem Herzen steht ein orangefarbener Stern, von Klumpen aus Sternen umgeben und dunklen Bändern durchzogen. Vergrößerter Ausschnitt: Besitzer kleiner Teleskope sollten sich die Gelegenheit nicht entgehen lassen, den Blick auf die beiden engen Doppelsterne (Σ 737 und Sei 350) im Zentrum von M 36 zu richten.

Giovanni Hodierna war einer der ersten Astronomen in Sizilien, die die Tragweite von Galileo Galileis Ideen begriffen. Zur Himmelsbeobachtung verwendete er einfache galileische Fernrohre – das einzige bekannte Exemplar bot eine 20fache Vergrößerung bei einer Grenzhelligkeit von 8. Größe. Stück für Stück erkundete er damit den Himmel in der Absicht, einen Himmelsatlas mit einhundert Karten zu veröffentlichen, auf denen er seine nebligen Objekte einzeichnet. Hodierna vollendete diese Arbeit jedoch nie, und so blieben nur ein paar wenige Zeugnisse seiner Beobachtungen erhalten, die immerhin 46 Objekte beschreiben. Einige sind lediglich auffällige Sternmuster, andere sind zu ungenau beschrieben, um sie zu identifizieren. Zehn der von ihm beschriebenen »Nebel« sind jedoch echte Erstentdeckungen – eine höchst bewundernswerte Leistung, wenn man bedenkt, dass zur gleichen Zeit alle anderen Astronomen gerade mal ein einziges derartiges Objekt entdeckten: den Orionnebel.

Hodierna glaubte, dass »all die bemerkenswerten Objekte« sich in Sterne auflösen lassen, sofern es die Leistung des Teleskops nur erlaubt. Er vermutete schon damals, dass die scheinbare Helligkeit der Sterne möglicherweise nicht nur von ihrer Eigenleuchtkraft, sondern auch von ihrer Entfernung abhängt. Auch war er der Auffassung, dass die Sterne nur deswegen am Himmel nicht gleichförmig verteilt erscheinen, weil sie um einen anderen, weit entfernten Punkt im Universum angeordnet sind. In einer Zeit, in der es immer noch gefährlich war, die Erde nicht als Zentrum des Universums zu betrachten, war es für ihn als gläubigen Menschen geradezu revolutionär, über ein ganz anderes Zentrum als die Sonne nachzudenken.

Da Hodierna fernab seiner Kollegen auf Sizilien lebte, und dazu in jener Zeit ein Desinteresse an der Stellar-Astronomie herrschte, blieben seine Entdeckungen und Ideen nahezu unbeachtet. Wenn wir aber heute zu den Sternhaufen im Fuhrmann hinaufschauen, sollten wir uns sein Vermächtnis vor Augen führen. Wir können uns glücklich schätzen, denn selbst das bescheidenste unserer Teleskope wäre für ihn ein wahrhaft überwältigendes Instrument gewesen. <<

Sue French schaut sich Sternhaufen vom Norden des US-Bundesstaats New York aus an. Sie können sie per E-Mail erreichen unter scfrench@nycap.rr.com (bitte auf Englisch).

Die großartigen Zwillings-Galaxien

Üben Sie für die Ostereiersuche: Die »Deep Sky«-Rubrik gibt Tipps für die Fernrohrbeobachtung an Stellen des Himmels, an denen Sie vielleicht nicht erwarten, fündig zu werden.

>> Ken Hewitt-White

Die Zwillinge (»Gemini«) lassen ihre sternenbesetzten Beine genau über dem Band der Milchstraße baumeln. Zu ihren Füßen liegen dementsprechend viele Sternhaufen und Nebel, die nur darauf warten, mit tiefreichenden Beobachtungen aufgespürt zu werden. Galaxien fernab unserer eigenen Milchstraße sind dagegen nur selten zu finden. Trotzdem entschließe ich mich, einige vielversprechende Felder in der Nähe von Kastor nach Galaxien zu durchstöbern, die sich laut meiner Sternkarte dort befinden sollen. Anstatt es mir mit einem schönen Buch vor meinem Kamin gemütlich zu machen, bin ich draußen in der Kälte, um mit meinem 45-Zentimeter-Dobson (17,5 Zoll) ferne Sterneninseln aufzuspüren. Und siehe da, nachdem ich bibbernd ein paar Sternen meine Aufwartung gemacht habe, werde ich für meinen Einsatz belohnt und erblicke tatsächlich zwei galaktische Kaffeekränzchen.

Als erstes beobachte ich die Gruppe um NGC 2389, die ein paar Grad nordwestlich von Kastor liegt. Hastig notiere ich das Wesentliche: »Galaxienfeld nahe Kastor eingefangen. Flecken der 13. bis 14. Größe. Verdammt kalt.«

Später schaue ich ein paar Grad südwestlich von Theta Geminorum (θ Gem) und kann einen flüchtigen Blick auf eine kompakte Reihe von Galaxien erhaschen. Ihr hellstes Mitglied, NGC 2290, hat eine scheinbare Helligkeit von fast 14. Größe. Ich notiere: »Halbkreis von vier Galaxien gesehen. Fünftes Gruppenmitglied fehlt. Zwei Ausreißer 50 Bogenminuten westlich. Verdammt kalt.« Das war damals, im Februar 1993.

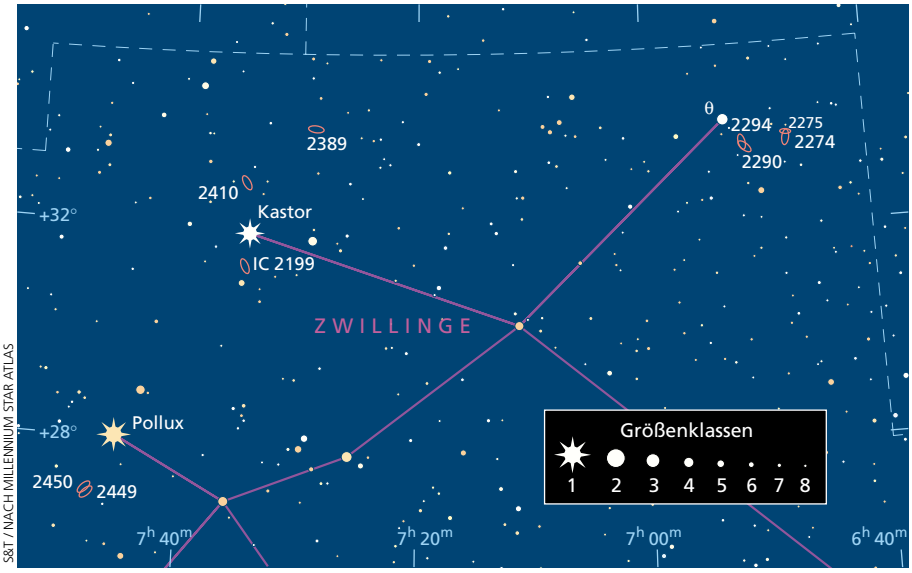
Zwei galaktische Kaffeekränzchen

Sieben Jahre später beobachte ich wieder mit demselben Teleskop. Der Himmel ist merklich dunkler als an jenem kalten Abend Jahre zuvor. Ich stelle meinen Dobson auf 220fache Vergrößerung und fange mit dem Halbkreis nahe Theta an. Zu meiner großen Freude sehe ich auf Anhieb alle fünf Galaxien. In nordsüdlicher Ausrichtung bilden sie eine Art »Bogen« von etwa sieben Bogenminuten Länge – etwa ein Viertel des Vollmonddurchmessers. Im Norden ist der Bogen durch NGC 2294 begrenzt, im Süden durch die 1,3 mal 1,7 Bogenminuten kleine NGC 2290. Ihre scheinbare Helligkeit wird mit 13,8ter Größe angegeben. NGC 2294 ist etwas ausgedehnter, aber um eine halbe Größenklasse schwächer.

Weniger als drei Bogenminuten westlich von NGC 2294 liegt NGC 2291. Diese Galaxie präsentiert sich so, dass der Beobachter direkt von oben auf ihre Scheibe sieht. Die Spiralarme sind so schwach, dass ich sie mit meinem Teleskop nicht sehen kann. Aber ihren kompakten, hellen und kleinen Kern entdecke ich auf Anhieb.

Die beiden kleinsten Galaxien des Bogens, NGC 2288 und NGC 2289, liegen in seiner Mitte und sind nur etwa eine Bogensekunde voneinander getrennt. NGC 2289 ist die hellere von beiden und versucht einen Stern 13,5ter Größe zu übertreffen, der sich vor ihrem nordwestlichen Rand herumtreibt. NGC 2288 ist mit ihrer Ausdehnung von gerade 0,2 mal 0,2 Bogensekunden ein Winzling. Genau dieser Galaxienzwerg war mir damals entgangen. Selbst bei 285facher Vergrößerung flackern diese beiden Galaxien nur wie trübe, unscharfe Sterne im Okular.

Obwohl die einzelnen Galaxien recht schwach sind und unspektakulär aussehen, ist der Bogen, den sie als Ganzes bilden, doch sehr eindrucksvoll. Allein das Funkeln der vielen Sterne erinnert



Der nördliche Bereich des Sternbilds Zwillinge enthält eine große Anzahl interessanter NGC-Galaxien (orange Ovale).

mich daran, dass diese Galaxien in den Zwillingen zu Hause sind und nicht etwa in den sternarmen Tierkreiszeichen Jungfrau oder Fische.

Weniger als ein Grad westlich des Bogens befinden sich NGC 2274 und NGC 2275, die nur zwei Bogenminuten auseinander liegen. NGC 2274 ist etwas heller und größer als ihre Nachbarin NGC 2275. Sie hat eine scheinbare Helligkeit 12,1ter Größe und mit ihrer Ausdehnung von zwei mal zwei Bogensekunden eine sehr runde Ansicht. Beide Objekte sind einfacher zu entdecken als jede der Bogengalaxien selbst. In der Tat stolpere ich auf der Suche nach meiner eigentlichen Gruppe eher zufällig über diese beiden Galaxien. Sollten die Beobachtungsbedingungen also mal nicht ideal ein, suchen Sie zuerst diese beiden Galaxien auf und versuchen Sie dann, die Bogengalaxien aufzuspüren. Denn der Bogen selbst ist eine echte Herausforderung: Die beiden begrenzenden Galaxien NGC 2290 und NGC 2294 zeigen sich zuerst. Unter Schwierigkeiten kann ich mit 185facher Vergrößerung sogar NGC 2291 und NGC 2289 erkennen, bei NGC 2288 ist jedoch nichts zu machen: Sie entzieht sich vollständig meinem Blick. Ich würde gerne wissen, ob es jemals einem Beobachter gelungen ist, alle fünf Mitglieder des Bogens mit Hilfe eines Zehn- oder Zwölf-Zoll-Teleskops zu erblicken.

Die Gruppe um NGC 2389 besteht aus sieben Galaxien. Sie bilden eine ein Grad lange Kette, die sich in Ost-West-Richtung erstreckt und zwei Grad nordwestlich von Kastor befindet. NGC 2388 und NGC 2389 dominieren diese Gruppe und liegen nur vier Bogensekunden auseinander. NGC 2389 hat eine scheinbare Helligkeit von 12,9ter Größe und eine Ausdehnung von nur 2,0 mal 1,4 Bogenminuten. Ihre Partnerin ist nur halb so groß und etwas schwächer. Nur fünf Bogenminuten weiter westlich liegt NGC 2385, die zwar noch schwächer und kleiner, aber trotzdem relativ leicht zu finden ist, da sie direkt südlich eines sehr auffälligen Sterndreiecks steht.

Zwölf Bogenminuten westlich kann ich mit meinem 17,5-Zöller noch NGC 2379 und NGC 2375 einfangen. Beide Galaxien haben etwa 13,5te Größe. NGC 2379 ist etwas kleiner und heller und hat direkt in ihrem Nordwesten einen Stern 12,6ter Größe.

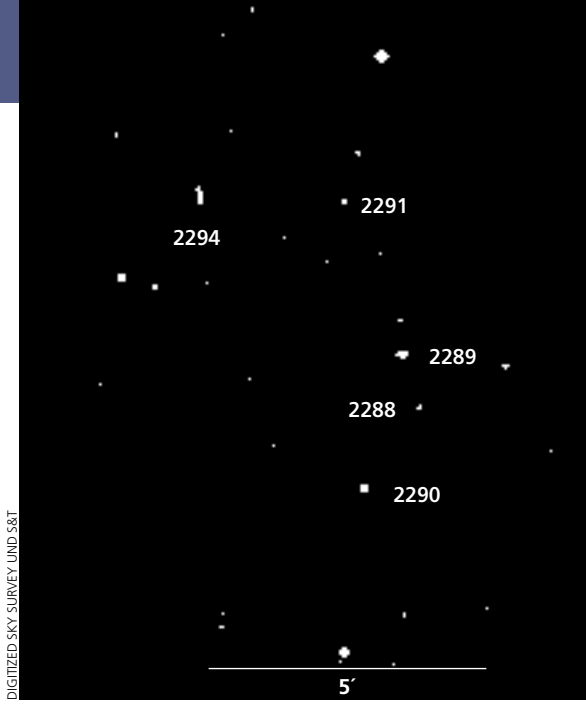
Etwa sieben Bogenminuten westlich von NGC 2375 prahlt NGC 2373 mit ihren Reizen. Mit ihrer hohen Flächenhelligkeit ist diese Galaxie ein ziemlich leichter Fang und markiert das westliche Ende der Kette. Am anderen Ende liegt NGC 2393. Von der Ausdehnung her ist sie mit NGC 2388 vergleichbar, allerdings ist sie deutlich lichtschwächer.

Selbst mit meinem Zehn-Zoll-Teleskop und einer Vergrößerung von 200 kann ich immerhin fünf Mitglieder der Kette um NGC 2389 ausmachen. Die einzigen Spielverderber sind NGC 2375 und NGC 2373. Auch hier interessiert mich, welche Erfahrungen andere Beobachter mit dieser Galaxienansammlung von gemacht haben – besonders mit Teleskopen, deren Öffnung kleiner als 14 Zoll ist.

Die Morgendämmerung rückt immer näher und ich beschließe, mich noch ein bisschen in der Nähe von Kastor und Pollux nach ein paar letzten Galaxien umzuschauen. Tatsächlich finde ich nur ein Grad nördlich von Kastor ein Exemplar, das sich sogar mit etwas Struktur brüsten kann: Mit einer Ausdehnung von 2,5 mal 0,7 Bogenminuten sieht NGC 2410 aus wie eine Vogelfeder.

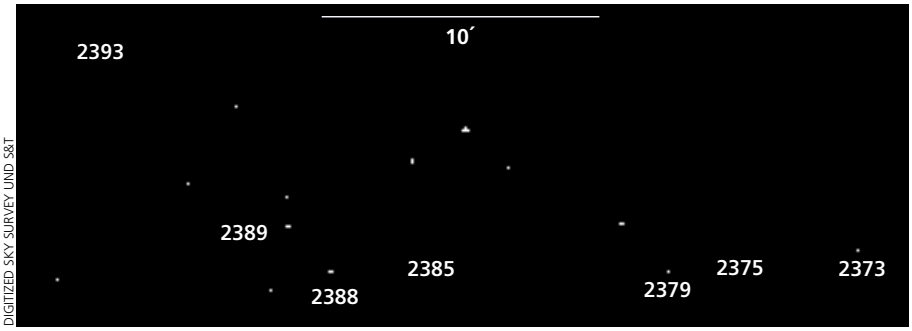
Meine Sternkarten besagen, dass sich in den Zwillingen noch weitere Galaxiengruppen befinden. Um sie allerdings erfolgreich beobachten zu können, braucht man ohne Zweifel nahezu perfekte Bedingungen und ein geduldiges Auge. <<

Obwohl die Zwillinge eher für ihre Sterne bekannt sind, besitzen sie auch Galaxien, die mit einem 10-Zoll-Teleskop beobachtet werden können.



Diese Aufnahme aus dem 2. Palomar Sky Survey (Poss II) zeigt die Ansammlung von Galaxien, die der Autor Bogen nennt. Der hellste Stern im Bild hat 10. Größe.

Der 45' breite Streifen zeigt die Gruppe um NGC 2389. Der helle Stern in der Bildmitte ist SAO 60102 mit 9,2ter Größe.



Ken Hewitt-White schreibt häufig für unsere Rubrik »Deep Sky«. Sie können ihn per E-Mail (bitte auf Englisch) unter kenlyn@universe.com erreichen.

Orions prachtvolles Gefolge

Am Abendhimmel des Winterquartals findet sich eine großartige Ansammlung himmlischer Superstars.

>> Fred Schaaf

AKIRA FUJII

Rund um Orion (unterhalb der Bildmitte) häufen sich Sterne 1. Größe. Das hellste Objekt in diesem Bild ist der rötliche Mars, der im Sternbild Stier stand, als Akira Fujii diesen Himmelsausschnitt im Herbst 1990 fotografierte.

Stellen Sie sich vor, Sie könnten die hellsten Sterne des Frühlings, des Sommers und des Herbstes in eine einzige Jahreszeit packen, sie in ein Gebiet des Himmels stopfen und dann die Brillanz einiger ihrer Mitglieder verdoppeln – wenn nicht sogar vervierfachen. Das wäre doch fantastisch!

Erstaunlicherweise brauchen Sie hierfür nicht Ihre Vorstellungskraft zu bemühen, denn eine solche Formation existiert bereits. Gemeint ist die Gruppierung der Sternzeichen, die das »Wintersechseck« um den Himmelsjäger Orion bilden.

Natürlich hat niemand in den Frühling-, Sommer- und Herbsthimmeln geräubert, um so ein prächtiges Winterschaufenster zu dekorieren. Was ich damit sagen will, ist, dass Orion und seine Nachbarsternbilder annähernd so viele helle Sterne beherbergen wie alle anderen Sternbilder zusammen.

Bevor wir darauf näher eingehen, lassen Sie uns einen schnellen Überblick über die große Gruppe von Sternbildern rund um den Orion verschaffen. Dies sollten wir zunächst in der warmen Stube an einer Sternkarte wie der auf Seite 54 tun, bevor wir uns diese Pracht unter freiem Himmel anschauen.

Drehen Sie unsere Karte, bis Westsüdwest auf Sie zu zeigt. Hier, nahe dem Horizont, leuchtet Sirius, der hellste Fixstern am Nachthimmel überhaupt. Sirius im gerade untergehenden Sternbild Großer Hund (»Canis Major«, CMa) bildet den südlichen Abschluss einer sechseckigen Anordnung von Wintersternbildern, die in diesen Monaten den Abendhimmel im Westen dominieren. Ihr würdiges Zentrum ist Orion. Der Jäger mit seinen drei berühmten, in einer Reihe angeordneten Gürtelsternen wird von einem Paar noch hellerer Sterne ausbalanciert – dem feurig orangefarbenen Beteigeuze in Orions Schulter und dem blau-weißen »Fuß-Stern« Rigel.

Diese Asse stechen alles!

Beim Betrachten der Farbe Beteigeuzes fällt die Ähnlichkeit zu Aldebaran im Sternbild Stier (»Taurus«) auf. Dieses schließt an das gekippte Fünfeck des Fuhrmanns (»Auriga«) an, das durch den Stern Kapella gekrönt wird – so hell wie Rigel, aber von gelblicher Farbe (oberhalb des Bildausschnitts). Links unter dem Fuhrmann liegen die beiden Zwillingsbrüder aus der griechischen Mythologie: Kastor und Pollux. Beide tragen jeweils einen hellen Stern gleichen Namens auf ihren Häuptern und bilden zusammen das Tierkreiszeichen Zwillinge (»Gemini«). Den Abschluss des Sechsecks bildet der Kleine Hund (»Canis Minor«, CMi), der vom achthellsten Stern des Himmels, Prokyon, dominiert wird.

Sirius ist übrigens wesentlich heller als der »Sirius des Sommers«, die Wega im Sternbild Leier. Der gelb-orangefarbene Arktur im Bootes sticht im Frühling die gelbe Kapella nur ganz knapp aus. Auch der weiße, äußerst leuchtstarke Rigel besitzt eine sehr viel größere scheinbare Helligkeit als sein Sommerpendant Deneb im Sternbild Schwan. Der Rote Riesenstern Beteigeuze übertrifft sein Ebenbild am Sommerhimmel – Antares im Skorpion – mit Leichtigkeit. Prokyon ist bedeutend heller als Atair, der Hauptstern im Sommersternbild Adler (»Aquila«). Aldebaran, nahe der Ekliptik, ist ein wenig heller als Spika im Frühlingssternbild Jungfrau und hat außerdem eine kraftvollere Farbe als diese. Und Pollux ist mit etwas mehr als 1. Größe ein kleines bisschen heller als der einsame Spitzenreiter des Herbsthimmels, Fomalhaut in den Südlichen Fischen.

Doch es gibt im Frühling immer noch einen Stern 1. Größe, nämlich Regulus, zu dem wir kein winterliches Pendant haben. Betrachten wir jedoch die zwei nächsthelleren Wintersterne, Adhara im Großen Hund und Kastor in den Zwillingen, so machen sie diese Schlappe mehr als wett. <<

Fred Schaaf ist der ASTRONOMIE HEUTE-Experte für das Himmelsjahr und kennt jeden Stern mit Namen.

Der Wandel vom Winter zum Frühling

Sobald Orion und die hellen Wintersternbilder im Westen verschwinden, bestimmen der Große Wagen und der Löwe mit den Frühlingskonstellationen die funkelnde Show am Nachthimmel.

>> Fred Schaaf

Jeder freut sich auf den Frühling. Für die meisten macht er sich dadurch bemerkbar, dass die ersten Vögel aus dem Süden zurückkehren, die ersten Blumen wachsen und die Tage wieder länger werden. Sterngucker haben ihre eigene Betrachtungsweise: Sie wissen, dass der Frühling nah ist, wenn das abendliche Gesicht des Himmels so aussieht wie die auf Seite 54 abgebildete Übersichtssternkarte.

Diese zeigt uns die hellen Wintersternbilder um das Wintersechseck, die nun niedrig im Westen stehen und dort immer früher in der Nacht untergehen. Der März ist der letzte Monat, in dem Stier (»Taurus«), Orion und der Große Hund (»Canis Major«) in tiefer Dunkelheit noch zu sehen sind, von den leuchtschwachen Sternen im Hasen (»Lepus«) zu Orions Füßen ganz zu schweigen.

Die drei Gürtelsterne des Orion weisen nach links auf den hellsten Stern des Nachthimmels überhaupt: Sirius, derzeit tief im Südwesten.

Um dem drohenden Verlust an interessanten Sternen zuvorzukommen, bietet der Frühling seine eigene »Star-Parade« auf – den Großen Wagen zum Beispiel. Vielen ist er dafür bekannt, dass er nie untergeht. Er steht weit genug im Norden, um das ganze Jahr über für Betrachter in unseren Breiten sichtbar zu sein: er ist »zirkumpolar« und zieht das ganze Jahr seine Kreise um den ebenfalls immer sichtbaren Polarstern. Wirklich Frühling ist es, wenn die sieben hellen Sonnen des Großen Wagen hoch am Himmel stehen. Dabei ist er selbst gar kein Sternbild, sondern ein Sternmuster (»Asterismus«), das Teil einer größeren Konstellation ist: von Ursa Major, dem Großen Bären. Der Große Wagen bildet das Hinterteil des Bären, mit einem unnatürlich langen Schwanz – die Deichsel des Großen Wagen. Die schwächsten Feldstecher bereits machen Alkor sichtbar, den Begleiter von Mizar, dem mittleren Deichselstern. Hat man ein Fernrohr zur Hand, kann man Mizar selbst als Doppelstern auflösen. Östlich von Mizar findet man bei sehr guten Bedingungen mit einem Teleskop eine der schönsten Spiralgalaxien am Himmel überhaupt: M101.

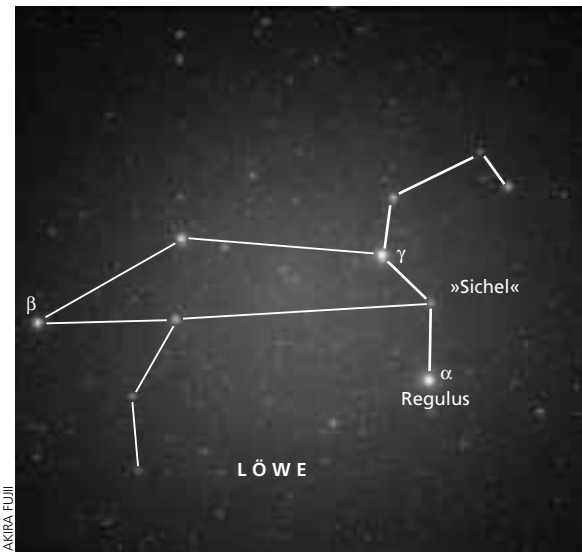
Mit Hilfe der zwei Sterne von der Rückwand des Großen Wagens lässt sich der Polarstern leicht finden – verlängern Sie die gedachte Linie zwischen den beiden Sternen sechsmal nach »oben«. Die falsche Richtung führt uns übrigens zum Löwen. Aber dazu später mehr, denn wenn Sie schon mit dem Auge im Zenit verweilen, sollten Sie nicht versäumen, auch nach den beiden großen und hellen Galaxien M81 und M82 Ausschau zu halten, die Sie am Nordrand des Großen Bären finden können (siehe Übersichtskarte).

Bei den Frühlingssternbildern springen drei Sterne sofort ins Auge: Regulus hoch im Süden, Spika tiefer im Südosten und Arktur im Osten. Regulus bildet das Herz des Löwen. Seine Brust, seine Mäh- >

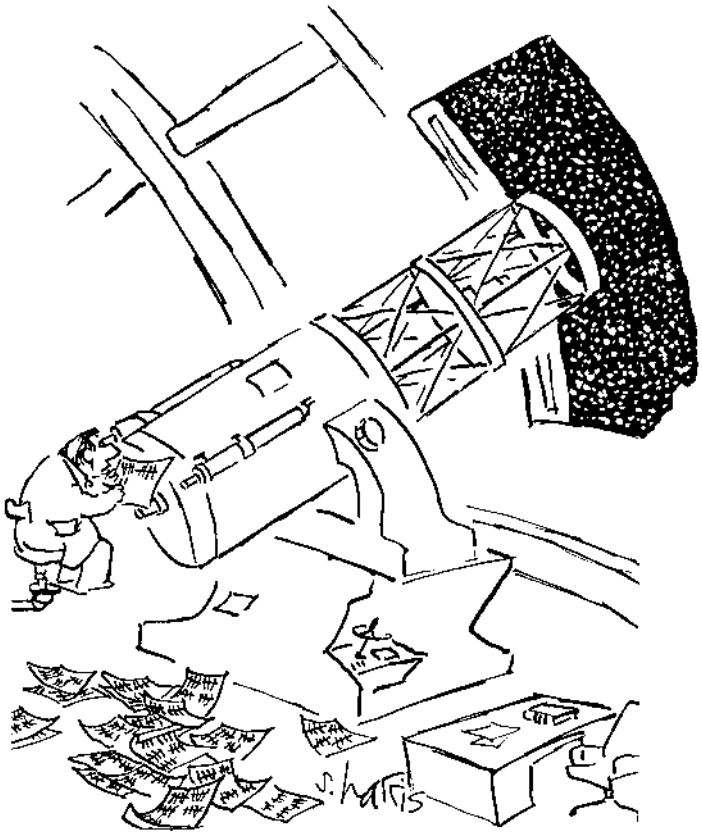
Das Hinterteil des Bären, auch bekannt als Großer Wagen, ist ein leicht wiederzuerkennendes Sternmuster und ideal, um den Polarstern und damit Norden zu finden.

AKIRA FUJII

Kopf und Brust des Löwen formen eine Sichel, die aussieht wie ein »Rückwärtsfragezeichen«. Der Punkt ist dabei Regulus (α Leo), der oft vom Mond bedeckt wird.



AKIRA FUJII



> ne und sein Kopf oberhalb von Regulus formen ein helles Rückwärtsfragezeichen: die »Sichel«. Algieba (γ Leo), die zweithellste Sonne in der Sichel, ist ein schöner Doppelstern. Ein langes Dreieck aus Sternen östlich der Sichel formt das Hinterteil des Löwen.

Gegen Morgen erwarten uns sogar schon einige Sommersternbilder wie die Leier (»Lyra«), der Schwan (»Cygnus«) und der Adler (»Aquila«), deren Hauptsterne Wega, Deneb und Atair das »Sommerdreieck« bilden.

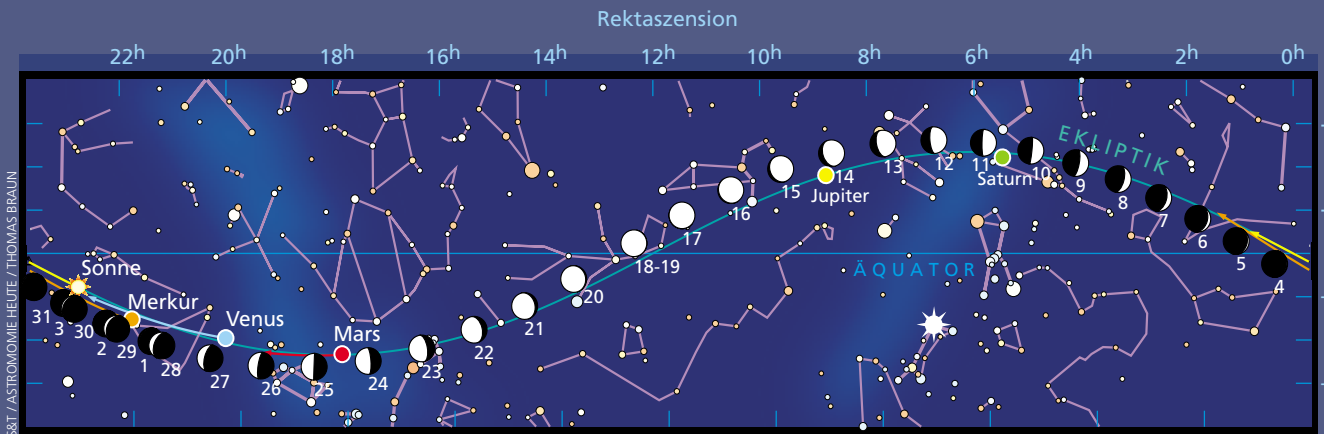
Der Planet **Jupiter** ist der hellste Lichtpunkt am diesjährigen Frühlingshimmel. Ihn finden Sie in einer der unauffälligsten Konstellationen des Tierkreises: »Cancer«, der Krebs. Jupiter läuft im März direkt auf den offenen Krippen-Sternhaufen M44 zu (»Praesepe«, manchmal auch »Bienenkorb« genannt), macht dann jedoch um den 1. April herum im Abstand von etwa einem Grad kehrt und läuft wieder ostwärts. Bei dunklem Himmel ist M44 sogar schon mit bloßem Auge als recht großes, blasses, nebliges Fleckchen sichtbar. Bei Jupiter gelingt es vor allem von Anfang bis Mitte März und Mitte bis Ende April immer wieder, alle vier Galilei'schen Monde Io, Europa, Ganymed und Kallisto auf einer Seite des Riesenplaneten versammelt zu sehen.

Saturn steht im März und April am Abend ebenfalls hoch im Westsüdwesten (siehe S. 53 oben rechts), in der Nähe der Hörner des Stiers zwischen Orion und dem Fuhrmann (»Auriga«, siehe S. 46). Er geht Nacht für Nacht etwa um Mitternacht herum unter und bewegt sich fast unmerklich ostwärts an den Sternen vorbei, kein Grad entfernt vom Krebsnebel (M1, siehe auch S. 58) und dem blassen Hornstern des Stiers Zeta Tauri (ζ Tau), dessen babylonischer Name Shurnarkabti-shashutu aus verständlichen Gründen kaum verwendet wird.

Mars lässt sich dagegen erst in den frühen Morgenstunden des März blicken und steht bei Sonnenaufgang im Südosten. Wegen seiner Nähe zum Horizont sollte man ihn am besten eine Stunde vor der Dämmerung abpassen. Im April steht er bei Sonnenaufgang recht hoch im Südsüdosten, wo er die Sternbilder Steinbock und Schütze streift (siehe Grafik Seite 53 oben links). Im April ist Mars noch ziemlich weit von der Erde entfernt und mit acht oder neun Bogensekunden Durchmesser dementsprechend zu klein, um in Fernrohren Einzelheiten erkennen zu lassen.

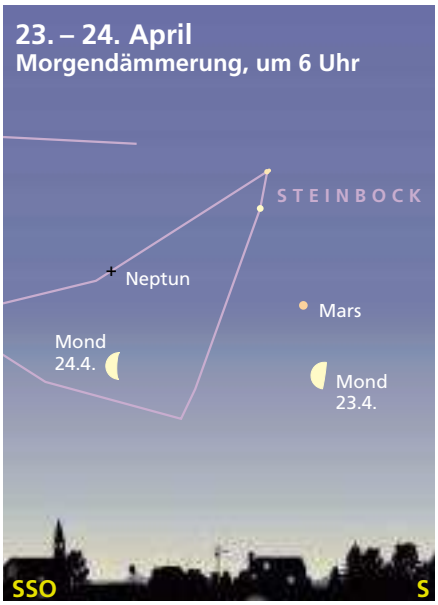
Auch **Venus** steht als Morgenstern tief am Horizont. Man findet sie Richtung Ostsüdost im Wassermann. Die besten Bedingungen für die Beobachtungen während der Morgendämmerung bieten sich in den letzten Märztagen. Auch im April dominiert sie den Himmel im Osten, wenn der Sonnenaufgang langsam beginnt. Erfahrene Paparazzi mit guter Ausrüstung können am Morgen des 28. März versuchen, Venus und Uranus

Der Mond und die Planeten im März 2003



S&T / ASTRONOMIE HEUTE / THOMAS BRAUN

Eingezeichnet sind nur die mit bloßem Auge sichtbaren Planeten Merkur, Venus, Mars, Jupiter und Saturn.



bei ihrem gemeinsamen Treiben kurz vor Tagesanbruch im Wassermann zu erwischen, in unmittelbarer Nähe des Sterns 38 Aqr (5,4ter Größe).

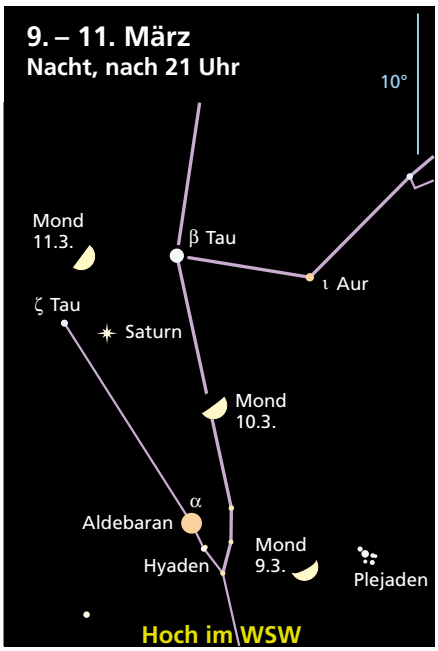
Der April ist ein großartiger Monat, um **Merkur** einzufangen. Von den Planeten, die mit bloßem Auge gesehen werden können, ist er am schwersten zu fassen, da er durch die Nähe zur Sonne nur in der Morgen- oder Abenddämmerung auftaucht. Anfang April findet man ihn sehr tief im Westen im Sternbild Fische (»Pisces«, Grafik Seite 52 oben rechts), wenige Minuten nach Sonnenuntergang. Am 16. April hat er im Widder (»Aries«) mit 20 Grad den größten Abstand von der Sonne, also die »östliche Elongation«, er lässt sich dann im Halbdunkel um 21 Uhr recht gut beobachten. Dann verschwindet er jedoch innerhalb weniger Tage vom Nachthimmel, um vor der Sonnenscheibe vorbei in Richtung Westen zu laufen.

Der Mond zieht am 11. März an Saturn vorbei in Richtung Jupiter, den er fast schon als Vollmond am 15. März nur knapp verfehlt. Vor der Morgendämmerung um den 25. März steht Mars oberhalb des abnehmendes Mondes, der am Ende des Monats in der Dämmerung die schöne Venus im Wassermann trifft.

Der zunehmende Aprilmond begegnet zuerst den offenen Sternhaufen der Plejaden und der Hyaden, die man bei guter Sicht schon mit bloßem Auge erkennen kann. Am 8. April leuchtet er bei Einbruch der Dunkelheit oberhalb von Saturn, sowie am 11. April oberhalb von Jupiter. Der abnehmende Mond kreuzt am 23. April vor Sonnenaufgang unterhalb von Mars und begegnet hier auch Regulus, Spika und Antares, dem Hauptstern des Skorpions.

Die Sonne erreicht den Frühlingspunkt vom Wassermann her kommend am 21. März um 2 Uhr MEZ. In anderen Worten: Auf ihrer Bahn – der Ekliptik – überquert sie die Grenze vom südlichen zum nördlichen Sternhimmel und läutet so den Frühling auf der Nordhalbkugel und den Herbst auf der Südhalbkugel ein. Hat der April erst einmal begonnen, streift die Sonne durch die Fische und läuft am 19. April in das Sternbild Widder (»Aries«), wo sie bis zum Monatsende verweilt.

In März und April lohnt es sich, nach dem **Kleinplaneten** Vesta Ausschau zu halten, der am 31. März sogar »in Opposition« zur Sonne steht, also von der Erde aus gesehen genau gegenüber. Wir sehen daher – wie beim Vollmond – genau ihre von der Sonne beschienene Seite, die dadurch die stattliche Helligkeit von 5,9ter Größe erreicht. Da der Mond nahe bei der Sonne steht und dementsprechend



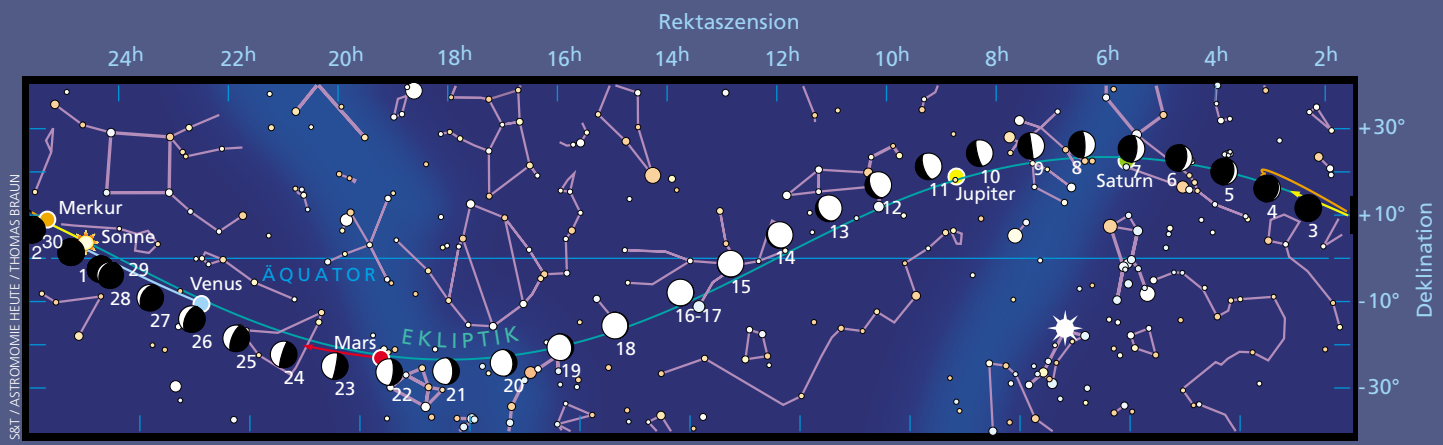
nachts nicht stört, sollte Vesta also bei optimalen Bedingungen ohne optische Hilfsmittel ab 21 Uhr südwestlich von Vindemiatrix (ε Vir) in der Jungfrau beobachtet werden können.

An **Meteoren** besuchen uns die Virginiden im März, ebenso die Delta-Leoniden, die für die Meteorastronomie durch ihre mögliche Herkunft vom Asteroiden (4450) Pan interessant sind.

Einen »richtigen« Meteorstrom mit mehr als zehn Sternschnuppen pro Stunde können wir erst um den 22. April von den Lyriden erwarten, die auf den Kometen C/Thatcher zurückgehen. Die ganze Nacht hindurch werden immer wieder einige von ihnen in die Erdatmosphäre stürzen und mit einem Aufblitzen verglühen. <<

Fred Schaaf lebt in New Jersey und ist per Mail unter fschaaf@aol.com erreichbar (bitte auf Englisch).

Der Mond und die Planeten im April 2003



PLANETARIUM

1.
0.
1.
2.
3.
4. Größenklasse

Gasnebel
Planetarischer Nebel
Galaxie
Kugelsternhaufen
Offener Sternhaufen
Doppelstern
Veränderlicher Stern

ASTROMOMIE HEUTE / THOMAS BRAUN

WANN

Anfang März:	**Mitternacht***
Ende März:	**23 Uhr***
Anfang April:	**23 Uhr°**
Ende April:	**22 Uhr°**
Anfang Mai:	**Abenddämmerung°**

***Mitteleuropäische Zeit (MEZ)**

°Sommerzeit (ab 30.3.03)

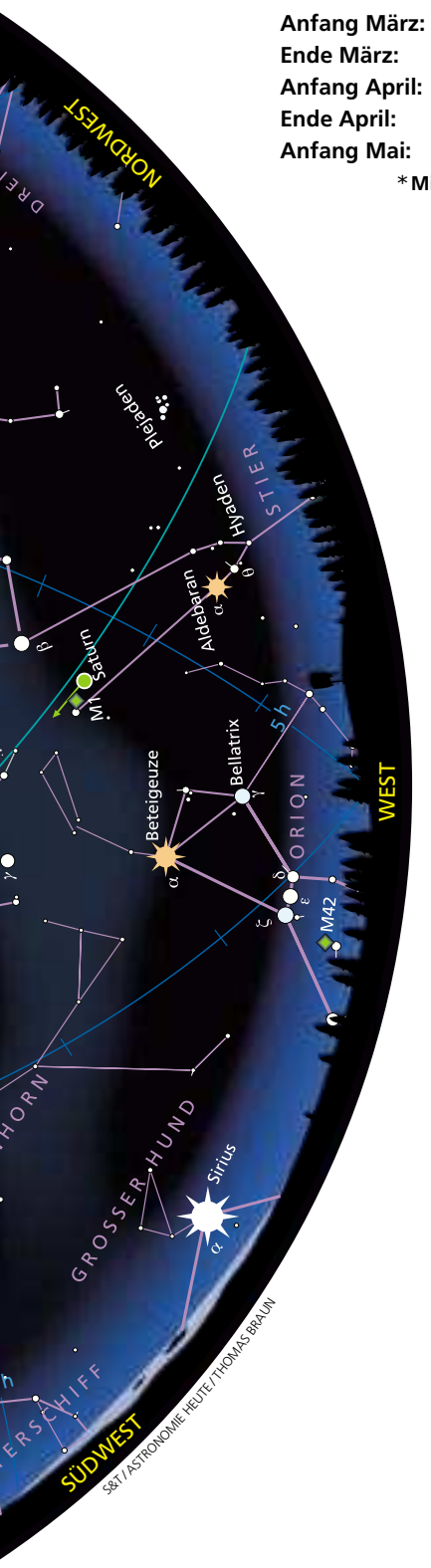
WIE

Auf der Sternkarte sehen Sie den Himmel so, wie er sich Ihnen zu den angegebenen Zeiten präsentiert. Zur Orientierung drehen Sie die Karte, sodass der Rand mit der Himmelsrichtung, in die Sie schauen, zum Boden oder auf Sie zeigt. Die Sterne am Rand der Karte stehen dann direkt über dem Horizont.

Das Zentrum der Karte ist genau über Ihnen – im Zenit. Ein Stern, der auf halbem Weg vom Rand zum Zentrum der Karte eingezeichnet ist, steht genau unter einem Winkel von 45 Grad am Himmel.

Beispiel: Drehen Sie die Sternkarte im Uhrzeigersinn, bis Nordwest auf Sie zeigt. Auf halber Höhe funkelt Kapella im Sternbild Fuhrmann besonders hell. Sie ist Teil des gerade untergehenden Wintersechsecks. Im Zenit macht sich zurzeit der Große Bär breit. Sein Hinterteil – bekannt als Großer Wagen – zeigt dabei mit seiner Hinterachse über den Polarstern hinweg genau nach Norden.

Die Karte gilt für 50 Grad nördliche Breite, das entspricht der Linie Luxemburg – Frankfurt am Main – Prag. Beobachter in Süddeutschland, Österreich und der Schweiz sehen die Sterne im Süden etwas höher über dem Horizont und die im Norden etwas niedriger. In Norddeutschland ist es genau umgekehrt.



S&T / ASTRONOMIE HEUTE / THOMAS BRAUN

FELDSTECHERTIPP

Die Plejaden

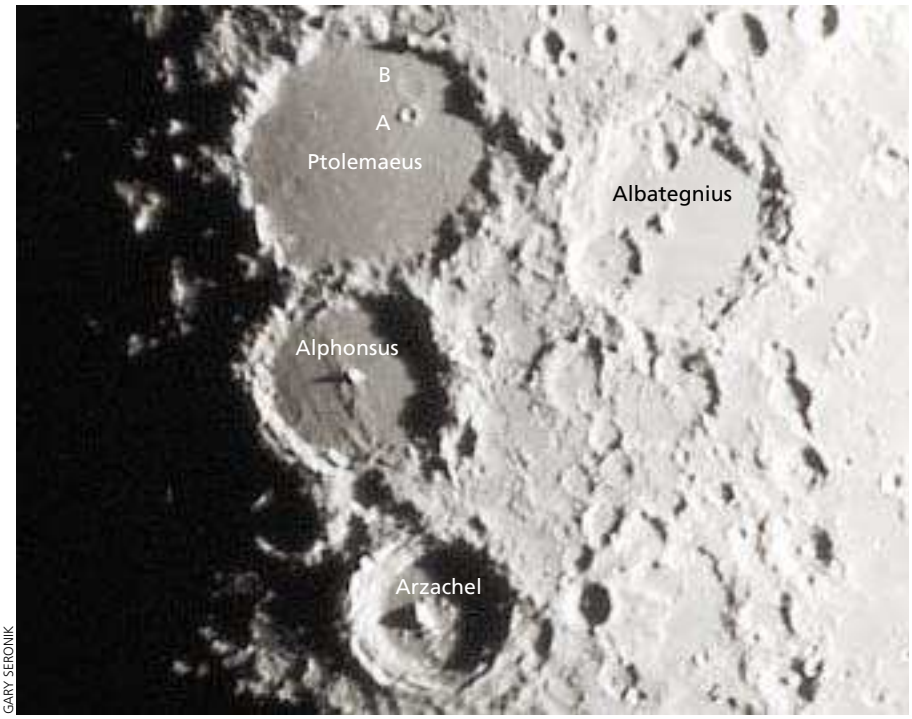
>> Gary Seronik

AKIRA FUJII

Jede Hitliste für die himmlische Feldstecherbeobachtung verzeichnet die Plejaden – die »sieben Schwestern« – ganz weit oben. Sämtliche Superlative, mit denen sie seit ewigen Zeiten belegt werden, sind längst verbraucht. »Spektakulär«, »atemberaubend«, »überwältigend« – sie treffen alle zu und wirken doch wie Klischees. Denn sie werden der wahren Schönheit dieses offenen Sternhaufens und seinem beeindruckenden Anblick im Fernglas nicht gerecht. Man muss sie einfach mit eigenen Augen gesehen haben.

Die fünf hellsten Sterne der Plejaden sind wie der »kleine Wagen« angeordnet (oder wie eine Kasserolle bzw. Suppenkelle). Was ihre Erscheinung für mich so besonders macht, sind die vielen schwächeren Sterne, die sich um das Hauptensemble tummeln. Wirklich reizvoll finde ich den Bogen aus fünf Sternen 7. Größe unterhalb der Deichsel (beziehungsweise des Griffs). Ebenso S 437, den engen Doppelstern 8. Größe in der Mitte des Topfs.

Neben den Ringen des Saturns und den Kratern unseres Mondes gehören die Plejaden zu jenen Himmelsobjekten, die eine lebenslange Leidenschaft für die Astronomie auslösen können. Leslie Peltier schreibt in seiner berühmten Autobiografie »Starlight Nights«, dass es der Blick durch das Küchenfenster auf diesen Sternhaufen war, der seinen gesamten späteren Lebensweg prägte. Vielleicht inspirieren die Plejaden ja auch Sie? <<



GARY SERONIK

Die Dreiergruppe von Ptolemaeus, Alphonsus und Arzachel gehört zu den faszinierendsten Anblicken auf dem Mond. Redakteur Gary Seronik von Sky & Telescope machte diese Aufnahme mit seinem 15-cm-Maksutov-Teleskop von Quantum und einer Canon-Digitalkamera.

Abstieg in den Krater

Was liegt uns näher als der Mond? Schon im Feldstecher zeigen sich viele Details einer faszinierenden Kraterlandschaft, die uns Nacht für Nacht in ihren Bann zieht.

>> Charles A. Wood

Obwohl Ptolemaeus sehr flach ist und keinen Zentralberg besitzt, gehört er wohl zu den bekanntesten Mondkratern. Das liegt an seiner Größe: Er hat einen Durchmesser von 153 Kilometern, ist 2,4 Kilometer tief und knapp unterhalb der Mondscheibenmitte leicht zu finden. Im Innern des Kraters gibt es einige interessante Details, die aber nur schwer zu beobachten sind. Bei hohem Sonnenstand sind hier nur der relativ große und helle Krater Ptolemaeus A (neun Kilometer Durchmesser) und vielleicht drei oder vier kleinere Krater zu erkennen. Richtig interessant wird Ptolemaeus jedoch erst, wenn die Sonne tiefer steht: Dann sind auf einmal viele Vertiefungen und Unebenheiten, die oft flachen Untertassen ähneln, am Kraterboden sichtbar.

Am größten und leichtesten zu beobachten ist Ptolemaeus B, der einen Durchmesser von 18 Kilometern besitzt und nördlich von Ptolemaeus A liegt. Eine auf dem Bild kaum sichtbare Vertiefung etwas südlich von Ptolemaeus A ist mit diesem durch einen flachen Bergrücken verbunden. Eine andere untertassenförmige Vertiefung befindet sich im Südwesten des Kraters und ist gerade bei tiefem Sonnenstand besonders gut zu sehen. Während die Sonne höher steigt und die Grenze von Licht und Schatten, der »Terminator«, immer weiter über den Boden von Ptolemaeus voranschreitet, tauchen aus dem Nichts weitere Ufoförmige Mulden auf, die aber ebenso schnell wieder verschwinden. Experte für diese Formationen war H. P. Wilkins, ein bekannter Mondkartograf, der zwei Dutzend dieser Gebilde als gestrichelte Ringe in seinen Mondkarten aus dem Jahr 1955 einzeichnete. Probieren Sie doch einmal, wie viele davon Sie in Ihrem Fernrohr erkennen können.

Aber woher kommen diese Gebilde, die den Boden von Ptolemaeus überziehen? Nach der gültigen Lehrmeinung handelt es sich um Krater, die später von Lavaströmen überdeckt wurden. Östlich von Ptolemaeus A gibt es beispielsweise eine ganze Reihe solcher Untertassen, die sternförmig vom Mare Imbrium auszugehen scheinen. Da man auch in der Umgebung des Kraters Ptolemaeus viele Ketten von Sekundärkratern aus dem Meteoreinschlag im Mare Imbrium findet, ist es wahrscheinlich, dass auch dieser »Ufo-Parkplatz« beim Einschlag entstanden ist und danach von irgendwelchen Materialien überdeckt wurde. Wahrscheinlich hat sich das ausgeworfenene Material in Ptolemaeus angesammelt und seinen Kraterboden so weit angefüllt, dass der Zentralberg und die Einschlagkrater von dieser Staubschicht fast vollständig begraben wurden.

Vielleicht handelt es sich bei dem Material in Albategnius und Ptolemaeus aber auch um vulkanische Ablagerungen, die bis zum ursprünglichen Kraterboden aufstiegen und bei denen Magmakammern die Lavaflüsse an der Oberfläche speisten. <<

Charles A. Wood ist begeisterter Mondbeobachter, Planetologe und Leiter der Bildungsprogramme von »Biosphere 2« in der Nähe von Tucson, Arizona.

So findet man Ptolemaeus:

GARY SERONIK

Ptolemaeus ist am besten zu beobachten, wenn die Tag-Nacht-Grenze – der Terminator – ihn überstreicht: Das ist am 10. März gegen 23 Uhr MEZ, am 24. April gegen 5 Uhr MESZ und am 9. Mai gegen 2 Uhr MESZ der Fall.

Schlagzeilen vom Rand der Wirklichkeit:

Der Krebsnebel

ESO

Nach dem bekannten Astrophysiker Geoff Burbidge teilt sich die Astronomie in zwei Hälften, in die Untersuchung des Krebsnebels und den Rest. Dem kann ich nur zustimmen, denn der Krebsnebel ist mein Liebling – mein Objekt der Neugierde. Warum eigentlich? Im sichtbaren Bereich des elektromagnetischen Spektrums sieht man nur einen mäßig hellen Nebel, der nicht weiter auffällt. Betrachtet man ihn aber bei anderen Wellenlängen, gehört er zu den hellsten Himmelserscheinungen. Er ist im Radiobereich sehr hell, aber vor allem auch im Röntgenlicht.

Der Krebsnebel ist etwa 6500 Lichtjahre von uns entfernt und ist ungefähr zehn Lichtjahre groß. Eigentlich besteht er aus zwei Nebeln: Da gibt es einmal die Gasfilamente, die in optischen Aufnahmen deutlich hervortreten und die sich durch thermische Linienstrahlung auszeichnen. Spektroskopische Untersuchungen der verschiedenen Spektrallinien zeigen, dass die Filamente mit teilweise mehr als 1200 Kilometer pro Sekunde davonrasen. An der Vorderseite des Nebels rasen sie auf uns zu und auf der Rückseite von uns weg. Die Filamente bilden eine Art Gitterstangen eines »Käfigs«, der einen viel glatteren, bläulich weißen Synchrotronnebel umschließt. Das Spektrum dieser Strahlung und seine hohe Polarisation beweist eindeutig ihren nichtthermischen Ursprung.

Woher kommt diese Strahlung? Das Magnetfeld des Nebels, um ein Tausendfaches stärker als das mittlere Magnetfeld der Milchstraße, krümmt die Bahnen relativistischer Elektronen, sodass sie bei Wellenlängen, die ihren Energien entsprechen, Strahlung aussenden. Die schnellsten Elektronen erzeugen die kürzesten Wellenlängen (Röntgenlicht), die langsamen die langen Radiowellen. Das bläulich weiße Glühen des Krebsnebels (etwa 80 Prozent seiner abgestrahlten Energie) ist die einzige Synchrotronquelle am Himmel, die man mit einem einfachen Teleskop oder sogar einem Feldstecher sehen kann.

Natürlich erhebt sich die Frage, woher das Magnetfeld kommt und woher die relativistischen Elektronen stammen. Seit 1968 weiß man, dass das »Kraftwerk« des Krebsnebels ein rotierender Neutronenstern in seinem Zentrum ist, der sich rund 190-mal pro Sekunde um seine eigene Achse dreht und von einem superstarken Magnetfeld durchsetzt ist. Der Neutronenstern gibt gepulste elektromagnetische Strahlung im gesamten Frequenz-

HARALD LESCH
ist seit 1995 Professor für theoretische Astrophysik an der Uni-Sternwarte der LMU in München. Er beschäftigt sich mit kosmischen Magnetfeldern, der Beschleunigung relativistischer Teilchen und Pulsaren.
Seit 1998 macht er für die BR-Space-Night die Sendung »alpha Centauri« und schrieb mit seinem Freund Jörn Müller das Buch »Kosmologie für Fußgänger«.
www.br-online.de/alpha/centauri

spektrum ab; vom Radiobereich bis zur Gammastrahlung, man spricht von einem Pulsar!

Eine Entdeckung der letzten Jahre hat mich besonders erstaunt. Es ist gelungen, die Radioblitze des Krebspulsars in ihre Einzelkomponenten aufzuspalten. Die stärksten Pulse weisen Strukturen mit zehn Nanosekunden Pulsdauer auf. Mit anderen Worten, wir sehen im Radiobereich Gebiete, die etwa drei Meter groß sind – und das auf 6500 Lichtjahre Entfernung. So etwas nenne ich atemberaubend!

Dieser Pulsar »powert« den Nebel, denn die rasante Drehung des Magnetfeldes induziert elektrische Felder, die mit Spannungen von mehreren Billionen Volt verbunden sind. Diese Spannungsdifferenz beschleunigt die Elektronen auf relativistische Energien. Der Neutronenstern jagt entlang der magnetischen Feldlinien Elektronen hinaus. So wird der Nebel mit Magnetfeldern und relativistischen Teilchen »geimpft«.

Pro Sekunde strahlt der Nebel hunderttausend Sonnenleuchtkräfte ab. Die dafür nötige Energie stammt letztlich aus der Rotation des Neutronensterns. Dessen Magnetfelder verbinden die nahezu 20 Kilometer große Sternleiche mit dem Nebel. Der Neutronenstern »reibt« sich gewissermaßen am Nebel und wird so abgebremst. Die dabei frei werdende Energie wird in den Weltraum abgestrahlt. Wie das genau funktioniert, wissen wir immer noch nicht.

Der Pulsar im Krebsnebel wurde übrigens als Erster mit einem bekannten Supernova-Überrest in Zusammenhang gebracht. Es ist nämlich seit 1944 bekannt, dass der »Gaststern«, den chinesische Astronomen im Jahre 1054 für rund drei Wochen am Tageshimmel leuchtend beobachtet haben, mit einer Supernova-Explosion eines schweren Sterns zusammenhängt. Den Nachklang der damaligen Explosion finden wir heute noch in den davon fliegenden Gasfilamenten. Sie sind sozusagen die Bruchstücke des explodierten Sterns. <<

Sebastian Hönig auf Kometenpirsch mit seinem Meade LX200

PHILIPP ROTHE

Der Zufallstreffer

Was macht man, wenn man abends nicht einschlafen kann?

Die einen zählen Schäfchen. Amateurastronomen jedoch packen kurzerhand ihr Teleskop ins Auto und fahren – gutes Wetter vorausgesetzt – zum »Spazierengucken« an einen möglichst dunklen Ort. So auch Sebastian Hönig aus Dossenheim bei Heidelberg. Da das Wetter in der Nacht vom 21. auf den 22. Juli 2002 nach einer komplett verregneten Woche endlich wieder klar zu werden versprach, packte der damals 23-jährige Astronomiestudent an diesem Abend sein Meade LX200 Go-To-Teleskop spontan ins Auto und fuhr zu seinem bewährten Beobachtungsplatz bei Ursenbach im Odenwald. Was dann passierte, ist wohl die skurrilste Entdeckungsgeschichte eines Kometen von deutschem Boden aus.

ASTRONOMIE HEUTE (AH) hat den jungen Kometenentdecker besucht.

AH: Herr Hönig, Sie haben Mitte letzten Jahres Ihren Kometen entdeckt. Wie kam es dazu?

Hönig: Eigentlich wollte ich in dieser Nacht mit meinem Fernrohr nur ein wenig über den Himmel streifen. Als ich gegen ein Uhr an meinem Beobachtungsplatz ankam, stand der fast volle Mond, der die Beobachtung sonst stört, bereits recht tief im Westen und wurde von einem Hügel verdeckt. Nachdem ich einige Kugelsternhaufen und die Andromeda-Galaxie beobachtet hatte, bewegte ich das Teleskop mit der elektrischen Handsteuerung an einen Ort irgendwo im Pegasus-Viereck. Dabei rutschte mein Finger kurz von der Nachführung ab und das Fernrohr blieb ganz zufällig irgendwo auf einer Linie zwischen den Sternen Scheat (Beta Pegasi) und Sirrah (Alpha Andromedae) stehen. Als ich durchs Okular schaute, sah ich plötzlich ein nebliges Fleckchen.

AH: War Ihnen sofort klar, dass Sie vielleicht einen neuen Kometen entdeckt haben?

Hönig: Na ja, wenn man wie ich seit gut fünf Jahren aktiver Kometenbeobachter ist, entwickelt man eine gewisse Sensibilität. Da ich früher viel Deep-Sky-Beobachtungen gemacht habe, wusste ich, dass es in dieser Region eigentlich kein Objekt dieser Größenklasse geben durfte. Ein helles diffuses Objekt mit zwei Bogenminuten Ausdehnung war also auf jeden Fall verdächtig. Es war mir aber nichts von einem neuen Kometen in diesem Himmelsareal bekannt. Deshalb war ich zunächst sehr skeptisch.

AH: Wie sind Sie weiter vorgegangen?

Hönig: Ich habe mich entschlossen zu warten und zu schauen, ob sich das Objekt bewegt, denn das ist schließlich das klassische Verhalten eines Kometen. Sie glauben nicht, wie lange einem in einem solchen Fall zwanzig Minuten vorkommen können. Und tatsächlich: Nach dieser Zeit hatte sich das Objekt etwa eine Bogenminute nach Norden bewegt. Auf der Rückseite eines Wasserflaschenetiketts – ich hatte noch nicht einmal ein Blatt

Papier dabei – notierte ich mir die ungefähren Koordinaten. Auf der Rückfahrt kam ich dann aber ins Grübeln: Kann das wirklich sein? Ein neuer Komet, den noch niemand zuvor entdeckt hat? Der Komet stand damals genau in Gegenrichtung zur Sonne. Dort durchscannen normalerweise die automatischen Suchprogramme Linear, Loneos, Neat und Spacewatch regelmäßig den Himmel, sodass die Entdeckungschancen für Amateure denkbar gering sind.

AH: Hatten Sie also nur Glück?

Hönig: Mein Glück war, dass damals drei von vier Beobachtungsprogrammen nur eingeschränkt arbeiteten. In Arizona und New Mexico (Linear, Loneos) sowie auf dem Mount Palomar herrschte zu jenem Zeitpunkt schlechtes Wetter und das Neat-Programm auf Hawaii war wegen Wartungsarbeiten außer Betrieb.

AH: Wie ging's weiter?

Hönig: Am nächsten Vormittag machte ich mich daran, die Beobachtung von letzter Nacht zu überprüfen. Nach zwei Stunden war ich mir sicher, dass ich ein neues Objekt gefunden hatte. Dann meldete ich meine Beobachtungen an das »Central Bureau for Astronomical Telegrams« der Internationalen Astronomischen Union in Cambridge in den USA.

AH: Kam von dort sofort die Bestätigung?

Hönig: Nein, die ließ zunächst einmal auf sich warten. Daher bat ich am nächsten Tag die Kometenbeobachter Akimasa Nakamura und Alan Hale um Bestätigungsbeobachtungen. Sowohl in Heidelberg als auch am Standort von Akimasa Nakamura in Japan herrschte an den folgenden Tagen jedoch schlechtes Wetter. Und auch Alan Hale konnte meine Beobachtungen auf Grund schlechter Sichtbedingungen nicht bestätigen. Nakamura schickte meine Koordinaten aber noch an einen zweiten Kometenbeobachter in Japan weiter: Ken-ichi Kadota.

AH: … der sie dann fünfeinhalb Tage später bestätigte. Eine lange Zeit.

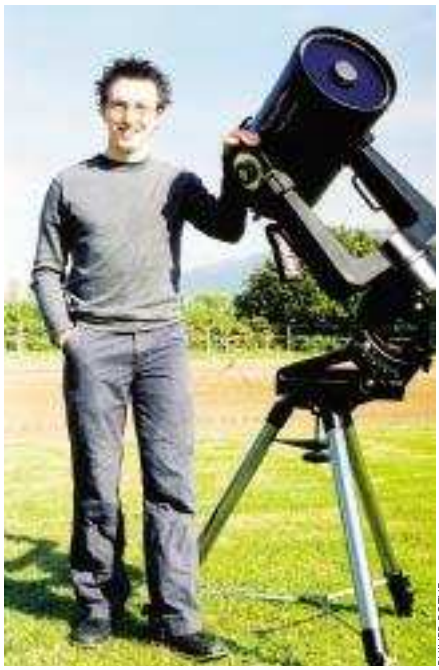
Hönig: In der Tat. Meine Resignation erreichte im Laufe dieser Woche ungeahnte Tiefen. Eigentlich war ich mir ja recht sicher gewesen, dass das Objekt real war. Inzwischen hatte ich aber Angst, dass der Komet auf Grund meiner ungenauen Beobachtungsdaten ganz verloren gehen könnte. Ich schrieb noch eine E-Mail an Michael Jäger in Österreich, dessen Kometenfotos in der Szene weltbekannt sind, bevor ich am Freitag zu einem dreitägigen Inline-Wettbewerb fuhr.

AH: Taten Sie das zur Ablenkung?

Hönig: Vielleicht. Ehrlich gesagt, habe ich zu jener Zeit gar nicht mehr mit einer Bestätigung meines Fundes gerechnet. Am Abend, beim Essen mit meinen Eltern, klingelte dann plötzlich mein Handy. Der Komet – so Maik Meyer von der Fachgruppe Kometen der Vereinigung der Sternfreunde (VdS) – sei auf der Liste erdnaher Objekte aufgetaucht. Nur kurze Zeit später traf das erste Bestätigungsfoto ein – aufgenommen an der Starkenburg-Sternwarte in Heppenheim –, kaum zwanzig Autominuten von meinem Wohnort entfernt!

AH: Herr Hönig, wie wurden Sie eigentlich Kometenbeobachter?

Hönig: Irgendwann hatte ich die Lust an der Deep-Sky-Beobachtung verloren. Ich wollte nicht immer die gleichen Objekte anschauen, sondern was Neues beobachten. Kometen haben ihren eigenen Reiz. Sie zeigen Helligkeitsausbrüche, Schweifveränderungen, Aktivitätsregionen, Fragmentierung und vieles mehr. Vor allem kann man hier als Amateur mit seinen Beobachtungen noch was zur wissenschaftlichen Forschung beitragen. Mein erster Komet, den ich intensiv beobachtete, war C/1994 N1 (Nakamura-Nishimura-Machholz). Danach war mein Jagdinstinkt geweckt.



PHILIPP ROTHE

Der stolze Kometen-Entdecker
mit seinem Arbeitsgerät

AH: Sie sind bereits seit über fünf Jahren aktiver Kometenbeobachter. Wie groß sind die Chancen, als Amateur heute noch neue Kometen zu entdecken?

Hönig: Für Amateure gibt es – ehrlich gesagt – nur noch wenige Nischen. Die Asteroiden-Suchprogramme Linear und Neat scannen den gesamten Himmel zwischen minus 30 und plus 50 Grad ständig nach neuen Objekten ab. Die einzige Chance liegt also in den Bereichen ober- und unterhalb dieser Breiten sowie am Morgen- oder Abendhimmel, wenn ein Objekt scheinbar nahe an der Sonne steht. Das ist die Gelegenheit für Amateure, neue Kometen zu entdecken. Immerhin gab es letztes Jahr drei relativ helle Schweifsterne, die den Suchprogrammen entwischt sind.

AH: Wie viele Stunden muss ein Kometenjäger intensiv beobachten, bevor eine Entdeckung »rausspringt«?

Hönig: Mitte der 1990er Jahre rechnete man noch mit ungefähr 800 Suchstunden. Das entspricht mehreren Beobachtungsjahren! Mittlerweile ist die Situation sicherlich nicht einfacher geworden. Lediglich zwei bis drei der etwa vierzig Entdeckungen pro Jahr gehen auf das Konto von Amateuren. In meinem Fall – ich habe bis jetzt etwa hundert Stunden aufgewandt – ist es relativ schnell gegangen.

AH: Sie haben bereits einige Kometen auf Bildern des Soho-Satelliten entdeckt. Was ist der Unterschied zur jetzigen visuellen Entdeckung?

Hönig: Die beiden Entdeckungsarten kann man nicht miteinander vergleichen. Mit einem Soho-Kometen – eigentlich sind es ja nur Kometenfragmente – spielt man in der Regionalliga, mit einem richtigen Kometen dagegen in der Bundesliga. Außerdem sind die Soho-Kometen viel zu schwach, um von der Erde aus mit bloßem Auge gesehen zu werden. Und sie erhalten auch nicht den Namen ihres Entdeckers.

AH: Nach alter Tradition und den Statuten der IAU trägt der Komet C/2002 O4 (Hönig) nun ihren Namen. Wie fühlen Sie sich? >

Komet Hönig am 05.08.2002 in der Milchstraße. Zeitgleiche Kompositaufnahme mit zwei Schmidtkameras

MICHAEL JÄGER UND GERALD RHEMANN

> **Hönig:** Das ist wie die Erfüllung eines Traumes, den jeder Kometenbeobachter hat: Sich einmal am Himmel verewigen zu können! Als ich »meinen« Kometen das zweite Mal beobachtete, war das schon ein ganz komisches, aber schönes Gefühl.

AH: Wie sieht Ihre berufliche Zukunft aus? Wollen Sie Ihr Hobby irgendwann einmal zum Beruf machen?

Hönig: Wenn möglich – ja. Hier in Heidelberg gibt es eine Gruppe am Max-Planck-Institut für Kernphysik, die sich mit Kometenstaub beschäftigt. Und in den USA sind viele verschiedene Institute auf dem Gebiet der Kometendynamik tätig. Dort wird Nachwuchs gesucht. Aber auch die Beobachterszene würde mich reizen. Zuerst muss ich allerdings meine Diplom-Prüfungen in Physik bestehen.

AH: Sie betreiben eine eigene Website (www.sungrazer.org), auf der Sie alle Soho-Entdeckungen protokollieren. Mit wie vielen Kometenjägern stehen Sie in regelmäßigem Kontakt?

Hönig: Die Soho-Kometenbeobachter bestehen weltweit aus einer Gruppe von vielleicht 25 bis 30 Personen, von denen aber nicht alle aktiv sind. Die meisten kenne ich ganz gut. Auch mit anderen Kometenbeobachtern stehe ich in enger Verbindung, vor allem über die Kometen-Mailinglisten. Die Szene ist eigentlich sehr übersichtlich. Regelmäßige Treffen, die von der IAU organisiert werden, führen auch zu persönlichen Kontakten. Von der letzten Tagung in Cambridge (England) habe ich Schnappschüsse von anderen Kometenjägern mitgebracht. Die sollten mir für meine eigene Jagd Glück bringen. Es scheint tatsächlich etwas genützt zu haben!

AH: Gleicht die Kometenjagd einem Sport oder ist sie eher eine Art Sucht?

Hönig: Wahrscheinlich beides. Wenn man im Winter bei kalter Witterung stundenlang am Teleskop ausharrt, fragt man sich oft, warum man das überhaupt macht. Später zu Hause in der warmen Stube ist man aber wieder froh und kann es überhaupt nicht erwarten, wieder rauszukommen.

AH: Sie werden also auf jeden Fall weitersuchen?

Hönig: Interessant ist, dass viele Kometenentdecker nach ihrer Erst-Entdeckung relativ schnell einen zweiten Kometen gefunden haben. Ich werde also auf jeden Fall weitersuchen. <<

Das Interview führte **Stephan Fichtner**.

Wenn Sie glauben, einen neuen Kometen entdeckt zu haben:

Untersuchen Sie das Objekt bitte sehr sorgfältig, bevor Sie die Entdeckung melden. Mehr als 90 Prozent aller beim Zentralbüro für astronomische Entdeckungen (CBAT) der Internationalen Astronomischen Union (IAU) eingehenden Entdeckungsmeldungen stellen sich im Nachhinein als falsch oder schon bekannt heraus. Hier daher einige Punkte, die Sie beachten sollten:

> Ist das Objekt symmetrisch? Wenn ja, so könnte es auch eine Galaxie sein.

> Ist es kreisförmig und sieht gesprenkelt aus? Dann käme ein Sternhaufen in Frage. Eine höhere Vergrößerung verschafft Ihnen hier Gewissheit.

> Kontrollieren Sie, ob sich das Objekt relativ zum Sternhintergrund bewegt. Zeigt es innerhalb einer Stunde keine Bewegung, so ist es kein Komet.

> Verändert sich die Position »Ihres Kometen« vor dem Himmelshintergrund, wenn Sie das Teleskop bewegen? Optische Effekte in einem Teleskop – so genannte Geisterbilder – können diesen Effekt hervorrufen.

> Notieren Sie sich auf jeden Fall die Koordinaten (Rektaszension und Deklination) des Objekts und vergleichen Sie diese mit einer Sternkarte oder einem Planetariumsprogramm. Stellen Sie sicher, dass es an dieser Position keine bekannten Galaxien, Sternhaufen oder Gasnebel gibt. Achten Sie bei Computerprogrammen darauf, dass Ihnen diese auch lichtschwache Objekte anzeigen.

> Kontaktieren Sie Freunde oder Bekannte, die ebenfalls ein Teleskop besitzen, und lassen Sie sich von diesen Ihre Entdeckung bestätigen. Mehrfach-Beobachtungen innerhalb einer Nacht oder an aufeinander folgenden Tagen sind sehr wichtig.

> Auf einigen Webseiten (z.B. http://encke.jpl.nasa.gov/) gibt es Listen neu entdeckter oder auch periodisch wiederkehrender Kometen. Schauen Sie dort nach, ob »Ihr Komet« vielleicht schon bekannt ist.

> Sollte Ihre Neuentdeckung alle diese Punkte unbeschadet überstanden haben, so schicken Sie eine E-Mail mit der genauen Entdeckungszeit (in Greenwich-Zeit), Ihrem Beobachtungsort, den technischen Daten Ihres Teleskops, den genauen Objekt-Koordinaten, der Bewegungsrichtung, Helligkeit und einer physischen Beschreibung des Objekts an die E-Mail-Adresse cbat@cfa.harvard.edu. Vergessen Sie auch nicht, Ihren Namen, Ihre Adresse und Ihre Erreichbarkeit anzugeben.

Viel Glück und eine erfolgreiche Kometenjagd!

DANIEL FISCHER

Schwarze Sonne über Afrika

Starrer Blick nach oben, Jubelschreie, Kameraklicken – so erlebten Zehntausende im südlichen Afrika trotz aufziehender Wolken die totale Sonnenfinsternis des vergangenen Jahres.

>> Daniel Fischer

Die Straßenschilder werden jetzt häufiger. »Eclipse Zone Direction« – »Zum Finsternisgebiet« steht da neben den normalen Hinweisen auf Städte und Sehenswürdigkeiten – ganz so, als ob Sonnenfinsternisse neuerdings zum festen Inventar der nördlichsten Provinz Südafrikas gehören würden.

Selbst Einheimische verschlägt es nicht oft in den höchsten Norden des Riesenlandes – ausländische Besucher noch seltener. Doch Anfang Dezember 2002 war das Gebiet in aller Munde: Limpopo, die Provinz. Venda, das geheimnisumwitterte Volk, dessen Siedlungsgebiet genau auf dem Totalitätspfad lag. Und Musina, früher Messina, die einzige größere südafrikanische Stadt im Finsternisgebiet.

Nur anderthalb Jahre zuvor war der Süden Afrikas bereits Schauplatz einer totalen Sonnenfinsternis: Am 21. Juni 2001 hatte eine mit bis zu vier Minuten Totalität recht lange Sonnenfinsternis scharenweise Sternfreunde und Finsternisjäger aus der ganzen Welt angelockt. Und sie waren nicht enttäuscht worden, denn mitten in der Trockenzeit herrschten damals entlang des gesamten Finsternisstreifens von Angola bis Madagaskar ideale Beobachtungsbedingungen.

Schon seit Jahrzehnten verlassen sich Finsternisfreunde in aller Welt auf die Klimagutachten eines einzelnen Meteorologen. Bereits im September 2001 war die Prognose des Kanadiers Jay Ander- >

Während der partiellen Phase der Finsternis wirkt eine Wolke als Filter und lässt die Sichelgestalt der Sonne deutlich werden.

DANIEL FISCHER

son für die Afrika-Finsternis 2002 erschienen. Und sie fiel erstaunlich gut aus: Obwohl im Süden Afrikas im Dezember Regenzeit herrscht und auf eine Wiederholung des perfekten Juniwetters kaum zu hoffen war, sah Anderson doch eine Wahrscheinlichkeit von bis zu 70 Prozent für klaren Himmel. Das waren nur fünf Prozentpunkte weniger als die Aussichten für den tiefen Süden Australiens, den der Mondschatten drei Stunden später, kurz vor Sonnenuntergang, noch für wenige Augenblicke streifen sollte. So mancher Sternfreund, der bei der Juni-Finsternis ein Jahr zuvor im Westen Sambias eine perfekte Vorstellung von 3 Minuten und 46 Sekunden Totalität erlebt hatte und damals von der Faszination Afrikas gefangen genommen wurde, disponierte jetzt um.

Schnell waren für unsere neunköpfige Gruppe aus Deutschen und Österreichern günstige Flüge nach Johannesburg und drei Geländefahrzeuge reserviert: Unsere Expedition konnte beginnen! Eigentlich waren es nicht eine, sondern drei Expeditionen, denn unsere Fahrzeuge würden unterschiedlich lange auf verschiedenen Routen unterwegs sein. Erst zwei Tage vor der Finsternis wollten wir uns an einem Punkt nahe Musina treffen und gemeinsam auf die Suche nach dem besten Beobachtungsplatz gehen. Aus Diskussionsforen im Internet wussten wir, dass dieser Teil Südafrikas weitgehend eingezäunt und in Privatbesitz war. Doch bei der Größe des Landes würde sich schon noch ein Plätzchen für uns finden.

Trotz Regenzeit überraschte uns Südafrika am 24. November zunächst mit sonnigem Sommerwetter, perfekten Straßen, preiswertem Benzin und einem anfangs noch dichten Netz von gepflegten Campingplätzen. Die einzige Sorge bereitete uns eine Flut von Zeitungsmeldungen über Verbrechen an Touristen in der Region östlich von Johannesburg, durch die unsere Reiseroute führen sollte. Doch blieben uns kritische Situationen erspart.

Stattdessen zeigte sich Südafrikas Norden von seiner schönsten Seite, mit faszinierenden und abwechslungsreichen Landschaften und dem erhofften Tierreichtum. Und immer wieder begegneten wir den Hinweisschildern »Eclipse Zone Direction«, die Limpopos Straßenverkehrsamt an jeder wichtigen Kreuzung aufgestellt hatte.

Maximal 1 Minute und 25 Sekunden sollte die Totalität in Südafrika diesmal dauern – in Australien waren es gerade mal noch 30 Sekunden. Die längste Totalität erlebt man immer genau in der Mitte des Totalitätsstreifens – auf der so genannten Zentrallinie. Schon 20 Kilometer Abstand von ihr bedeuten einen Verlust von zehn Sekunden Totalität. Angesichts der Kürze dieser Finsternis war es also ratsam, der Zentrallinie so nahe wie möglich zu kommen.

Als wir am 30. November die Finsterniszone erreichten, schien alles bestens zu passen: Tief im Totalitätsstreifen entdeckten wir einen komfortablen Campingplatz, der sich als logistische Basis geradezu aufdrängte, ausreichend Platz bot – und es auch noch versäumt hatte, finsternishalber die Preise zu erhöhen. Von hier aus war die Zentrallinie in nur vierzig Minuten erreichbar.

Auch das Wetter konnte nicht besser sein: Schon seit Tagen war der Himmel im Norden wolkenlos. Der Besuch in einem Internetcafé in Musina, wo am 3. Dezember allmählich ein gewisser Finsternis-Rummel einsetzte, verhieß indes nichts Gutes: Der südafrikanische Wetterdienst sagte just für den Morgen des 4. Dezember die Ankunft eines großen Wolkengebiets voraus. Vielleicht ließen sich die Wolken ja noch etwas Zeit …

OLIVIER STAIGER

Auch in Südaustralien war die totale Sonnenfinsternis gut zu beobachten. Diese Weitwinkelaufnahme entstand kurz vor Sonnenuntergang auf dem Stuart Highway westlich von Woomera.

BERND BRINKMANN

RALPH WONDRASCHEK

RALPH WONDRASCHEK

Sekunden vor der Totalität scheinen die letzten Sonnenstrahlen durch ein enges Mondtal. Rote Protuberanzen sind am Sonnenrand sichtbar (oben). Totalität: Der Strahlenkranz der Sonne, die Korona, dominiert für wenige Minuten das Geschehen (Mitte). Unten: Einem Diamantring gleich kehrt das Sonnenlicht zurück.

Wolken!

Die Nacht vor der Finsternis war so klar wie selten, und der südliche Sommersternhimmel breitete seine Pracht über dem Nwadeni-Nationalpark aus. Nur entlang des Nordhorizonts erkannten wir noch einige der europäischen Herbst- und Wintersternbilder – wenn auch auf dem Kopf stehend. Im Süden dominierten die beiden Magellan'schen Wolken – kleine, aber nahe Begleiter unserer Milchstraße, die mit dem ansonsten recht sternarmen Himmelssüdpol ein gleichseitiges Dreieck bilden. Um vier Uhr morgens war von der Pracht der letzten Nacht indes nichts mehr zu sehen: Die vom Wetterdienst angekündigten Wolken hatten sich an ihren Zeitplan gehalten! Jetzt musste schnell entschieden werden: Sollte die Expedition wie ge-

plant zur Zentrallinie und damit in Richtung Wolken vorstoßen, einfach an Ort und Stelle bleiben oder aber versuchen, den Wolken davonzufahren? Nur eine einsame Straße, die von Musina nach Westen, damit aber auch von der Zentrallinie wegführte, versprach, den Wolken zu entkommen.

Um 5:30 Uhr ist der Konvoi endlich abfahrbereit, und die große Flucht kann beginnen. Auf der geteerten R 525 herrscht schon Hochbetrieb. Am Rand der Straße parken zahlreiche Fahrzeuge, und manch einer hat bereits ein kleines Fernrohr oder Kameras aufgebaut. Wir begegnen vielen Finsternisfans, die nach Osten zur Zentrallinie, aber auch in Richtung Wolken fahren. Kaum jemand folgt uns in die Gegenrichtung, von der wir noch nicht ahnen können, ob sie uns mehr Glück bringen wird. Nach einer halben Stunde sieht es aber mehr und mehr danach aus: Wir sind eindeutig schneller als die Wolken und werden es schaffen, ihnen zu entkommen. Noch vor Musina scheint bereits wieder die Sonne, und als wir auf der Ausfallstraße weiter westwärts fahren, ist die Wolkenfront nur noch eine ferne dunkle Bedrohung tief am Osthorizont. Weniger als sechzig Minuten sind es jetzt noch bis zur Totalität – die partielle Phase der Finsternis, bei der der Mond die Sonne allmählich anzuknabbern beginnt, ist bereits in vollem Gange.

Eine Viertelstunde vor der Totalität sind unsere Instrumente endlich aufgebaut: sechs Video- und zahlreiche Fotokameras mit unterschiedlichen Brennweiten. Längst ist das Licht fahl geworden, und die Sonne schrumpft zunehmend zu einer immer dünneren Sichel. Nur mehrere Flugzeuge, die über uns enge Kurven drehen, hinterlassen ungewöhnlich stark gekrümmte Kondensstreifen neben der verfinsterten Sonne. In den letzten Sekunden vor der Totalität geht alles sehr schnell: Die Himmelshelligkeit sinkt und die eben noch weißen Kumuluswolken am Westhorizont, von wo der Mondschatten heranrast, werden plötzlich schwarz. Und dann fegt der Mondschatten mit dreifacher Schallgeschwindigkeit über uns hinweg.

Lohnende Investition

Die gleißende Sonnenscheibe ist durch den unerbittlich vorrückenden Mond bereits zu einer hauchdünnen Sichel geworden, die jetzt von Mondbergen in eine Reihe von Lichtpunkten – dem so genannten Perlschnurphänomen – zerteilt wird. Einer nach dem anderen verschwindet hinter dem Mond, bis nur noch jene Bereiche der Sonnenatmosphäre sichtbar sind, die sonst völlig überstrahlt werden: Innen die grellrot strahlende Chromosphäre, die nach ein paar Sekunden ebenfalls vom Mond bedeckt wird. Außen die faserige Korona, ein Millionen Grad heißes Plasma, in strahlendem Weiß: Elektronen, die dort in Magnetfeldern gefangen sind, zeichnen deren Form nach und streuen gleichzeitig das Licht von der verdeckten Sonnenoberfläche zu uns.

Das ist der Moment, für den sich jede Reise lohnt. Doch die Spannung ist noch nicht vorüber. Sekunden nach dem Beginn der totalen Phase, auch »2. Kontakt« genannt, schiebt sich ausgerechnet eine der wenigen Kumuluswolken vor die Sonne. Gott sei Dank zieht sie schnell vorüber. Doch wie lange wird die Totalität an unserem Standort überhaupt dauern? Wegen der chaotischen Platzwahl haben wir keine Ahnung, wie nahe wir der Zentrallinie gekommen sind. Unerbittlich tickt die Zeit. Endlich ist die Korona wieder in ihrer ganzen Pracht zu sehen. Schon bricht das volle Sonnenlicht wieder hinter dem Mond hervor (»3. Kontakt«), und das Schauspiel ist vorüber. Nur die deutlich sichtbare Venus direkt über unseren Köpfen erinnert uns an die immer noch reduzierte Himmelshelligkeit.

Und die Venda, deren Stammesgebiet im Zentrum des Geschehens lag? In ihrem Glauben markiert eine Sonnenfinsternis (»Mutshakavhili«) den Besuch ihrer normalerweise wohl gesonnenen Gottheit N'wali, die sich über etwas geärgert hat. Demutsvoll möge man dann – so die Sage – das Haupt senken und nicht nach oben schauen, sonst würde man vom Blitz getroffen und zu Asche verbrennen. Für Sonnenfinsternistouristen scheint das indes nicht zu gelten. Auch wenn die meisten wegen der Wolken nicht viel sahen, so bescherten sie der Region doch einen Umsatz von umgerechnet 15 Millionen Euro. Die Investition in die zahlreichen »Eclipse-Zone«-Schilder dürfte sich also gelohnt haben. <<

Der Astronomie-Journalist **Daniel Fischer** verfolgt seit 1983 astronomische Ereignisse rund um den Globus. Die Reise nach Südafrika war seine 22. Expedition.

Odyssee eines Visionärs

Die Ideen des Arthur C. Clarke

Ein persönlicher Bericht über das Leben des bekannten Science-Fiction-Autors und Vordenkers der geostationären Satelliten.

>> David H. Levy

ROHAN DE SILVA

Arthur C. Clarke mit einem 14-Zoll-Celestron-Teleskop in seinem Garten in Colombo, Sri Lanka. Die Firma Eutelsat hat ihm den geostationären Kommunikationssatelliten Seasat bei 36° östlicher Länge gewidmet. »Bei klarem Wetter sollte ich ihn mit meinem Teleskop sehen können«, sagt er.

Wenn Sie Satellitenfernsehen schauen oder eine Wetterkarte betrachten, sind dabei stets geostationäre Satelliten im Spiel, die in 35 900 Kilometer über dem Äquator in einem Erdorbit kreisen. Da ihre Geschwindigkeit in dieser Höhe genau so groß ist wie die Winkelgeschwindigkeit der Erde, scheinen sie über einem bestimmten Ort der Erde festzustehen – daher die Bezeichnung geostationär. Mittlerweile gibt es ein ganzes Netz dieser Satelliten, das zur weltumspannenden Telekommunikation und Wetterbeobachtung genutzt wird. Doch wer kam als Erster auf die verrückte Idee, künstliche Himmelskörper in eine Höhe von knapp 36 000 Kilometern zu schießen, um uns das Leben hier unten auf der Erde angenehmer zu machen?

Es war Arthur C. Clarke, der auch das Drehbuch zu dem Film »2001: Odyssee im Weltraum« geschrieben hat. In diesem, in den 1960er Jahren gedrehten Film beschreibt er seine Visionen vom Anbeginn der Menschheit bis zur Eroberung des Alls. Der Weltraum, das ist eine Spielwiese für Visionäre und Ingenieure, und Arthur C. Clarke ist in beiden Welten zu Hause.

1917 wurde er in der englischen Grafschaft Somerset geboren und entdeckte bereits mit elf Jahren die Welt der Science Fiction für sich. 1934 schloss er sich der British Interplanetary Society an und zog zwei Jahre später nach London. Im Zweiten Weltkrieg war er Radaroffizier bei der Royal Air Force und arbeitete am ersten Blindlandesystem für Flugzeuge mit, das vom amerikanischen Physiker Luis Alvarez entwickelt wurde. Diese Zeit beschreibt Arthur C. Clarke im Roman »Glide Path«.

Der Aufzug ins All

Clyde Tombaugh, der Entdecker des Planeten Pluto war 1952 am amerikanischen Raketenforschungslabor in White Sands tätig. Dorthin lud er Arthur C. Clarke ein und sprach mit ihm über die Zukunft der Raketenentwicklung. Clarke erkannte sofort die Möglichkeiten der Raumfahrt, begriff aber auch, dass Politiker sich nicht dafür interessieren würden, solange es keinen praktischen Nutzen gäbe. Im Oktober 1945 veröffentlichte er seinen Artikel »Extraterrestrial Relays« in der Zeitschrift »Wireless World«, in dem er erstmals die Grundlagen geostationärer Satelliten beschrieb: Drei Kommunikationssatelliten in einer geostationären Umlaufbahn jeweils 120 Grad voneinander entfernt – so schrieb er – würden ausreichen, um den gesamten Globus miteinander zu verbinden. Diese Konstellation wird heute manchmal auch noch als »Clarke Orbit« bezeichnet. Am Anfang wurde Clarkes Idee noch ignoriert. Als die Russen am 4. Oktober 1957 aber mit Sputnik 1 den ersten künstlichen Satelliten ins All schossen und das Wettrennen in den Weltraum begann, nahm man plötzlich auch in den Vereinigten Staaten seine Idee der geostationären Satelliten ernst.

»Telekommunikation und Raumfahrt waren in meinen Gedanken stets untrennbar miteinander verwoben«, erklärt er, »und was sich daraus ergab, erscheint uns heute als unvermeidliche Entwicklung.« Clarkes Vision wurde 1969 – kurz vor der ersten Mondlandung – Realität, als das globale Netz geostationärer Intelsat-III-Satelliten seinen Betrieb aufnahm.

»Wenn nicht ich die Idee der geostationären Satelliten formuliert hätte, hätten es nur kurze Zeit später ein halbes Dutzend anderer getan«, schrieb Clarke. «Ich vermute, dass meine Veröffentlichung den Fortschritt der Telekommunikation um etwa fünfzehn Minuten beschleunigt hat.« Hier untertreibt er sicherlich. Als Science-Fiction-Autor konnte Clarke das ungeheure Potenzial geostationärer Satelliten als Erster vorhersehen. Aber was noch wichtiger war: Er griff diese Idee immer wieder auf. 1947 entwickelte er

sie in dem Roman »Prelude to Space« weiter (»Die Erde lässt uns los«, Gebrüder-Weiß-Verlag, Berlin 1954).

Und seine Voraussagen trafen zu: »Ich habe gute Gründe anzunehmen«, schrieb mir Clarke einmal in einer E-Mail, »dass meine Ideen die Pioniere beeinflussten, die diese Träume wahr machten. In den 22 Jahren, die zwischen Prelude und der tatsächlichen Mondlandung lagen, hat sich unsere Welt vollständig verändert. Damals – im Jahre 1947 – habe ich nicht daran geglaubt, dass die Mondlandung auch zu einem noch so weit entfernten Zeitpunkt Realität werden könnte. Ich hätte nie gedacht, dass bis zum Jahr 1972 bereits zwölf Menschen ihre Fußspuren auf dem Mond hinterlassen würden.«

Im Roman »3001: Die letzte Odyssee« aus dem Jahre 1997 entwickelt er seine Idee noch einen Schritt weiter. Wo sich heute mehrere Satelliten in einer geostationären Umlaufbahn tummeln, sieht Clarke in gut tausend Jahren den größten Teil der Menschheit leben. Dort – in einem geostationären Ring, der 35900 Kilometer über der Erde schwebt und mit ihr über drei gigantische Aufzugstürme verbunden ist – spielt sich laut Clarke das zukünftige Leben ab.

Realität und Fiktion

»Ich glaube fest daran, dass Optimisten, die Welt verändern können«, so Arthur C. Clarke. Im April 1968 eroberte sein Film »2001: Odyssee im Weltraum« die Kinos der Welt im Sturm. Acht Monate später umkreisten drei richtige Astronauten zum ersten Mal den Mond und sandten »Grüße an alle da unten auf der guten alten Erde«.

Die Realität im Jahr 2001 war sicher etwas anders als das, was uns Clarke 1968 im Film zeigte. Doch die Unterschiede zwischen dem, was sich Clarke und der 1999 verstorbene Regisseur Stanley Kubrick damals ausmalten und unserer wirklichen Welt liegen nur im Detail. So sind zum Beispiel die im Film gezeigten Bildtelefone heute bereits Realität, auch wenn sie noch nicht sehr verbreitet sind.

Wir haben zwar bis jetzt noch keine permanente Basis auf dem Mond, und eine bemannte Reise zum Mars liegt noch in weiter Ferne, aber der Zusammenbau der Raumstation in der Erdumlaufbahn geht voran. Künstliche Intelligenz, Kälteschlaf und Plasma-Antrieb für Raketen stecken noch in den Kinderschuhen, doch auch auf diesen Gebieten gibt es Fortschritte. Clarke jedenfalls braucht von dem futuristisch gezeichneten Bild unserer Welt in seinem Film nichts zurückzunehmen. In allen wesentlichen Details lag er mit seinen Vorhersagen richtig.

Heute ist Clarke 85 Jahre alt und lebt auf Sri Lanka. Er leidet an Kinderlähmung und ist mittlerweile auf den Rollstuhl angewiesen, kann aber mit fremder Hilfe aufstehen. Seine Gedanken über die Zukunft der Menschheit macht er sich in der Bibliothek seinen Anwesens »Cinnamon Gardens« in Colombo.

Während ich diese Zeilen schreibe, geht in Amerika gerade die Sonne unter. In Clarkes riesigem Garten auf der anderen Seite der Welt müsste nun die Morgendämmerung anbrechen. Auf dem Weg zu meinem Beobachtungsplatz, fällt mir ein helles wanderndes Licht am Himmel auf. Es ist die Internationale Raumstation (ISS), die in den letzten Jahren von einem schwachen Sternchen zu einem Objekt von der Helligkeit Jupiters angewachsen ist. Obwohl Clarke die Zeiten kennt, zu denen die Internationale Raumstation Sri Lanka überfliegt, hindern ihn oft Wolken am Beobachten. Die ISS, die bereits im Jahr 2000 in Betrieb ging, wurde letztlich von den Ideen Arthur C. Clarkes inspiriert, der auf diese Weise den Weltraum auf die Erde holte – zum Wohle der gesamten Menschheit.<<

David H. Levy ist ein langjähriger Science-Fiction-Liebhaber und freute sich sehr über die digitale Überarbeitung von »2001: Odyssee im Weltraum«, die in eben jenem Jahr wieder auf vielen Kinoleinwänden zu bewundern war.

22. 2.: 3. Astronomie-Treff Hückelhoven bei Mönchengladbach. Information: Astronomie AG Gymnasium Hückelhoven, Tel.: (02432) 81976, www.geocities.com/ath_astro_hueckelhoven/ATHhaupt.html

14. – 15.3.: 2. Radebeuler Beobachtertreffen. Volkssternwarte Radebeul. Information: Astroclub Radebeul, Andreas Krawietz, Tel.: (035203) 3 00 59, www.astroclub-radebeul.de

21. – 23.3.: 22. Frühjahrsseminar des Arbeitskreises Meteore (VdS) im Naturschutzzentrum Annaberg-Buchholz, Erzgebirge. Information: Ina Rendtel, Tel.: (0331) 52 07 07, www.meteoros.de/news/news22.htm

5.4.: 28. Würzburger Frühjahrstagung (VdS). Hörsaal des Physiologischen Institutes, Röntgenring 9, 97070 Würzburg. Information: Peter Höbel, Im Föhrenwald 35, 91054 Erlangen, peter.hoebel@t-online.de

11. – 13.4.: 5. Deep-Sky-Tagung (VdS). Hotel auf dem Eisenberg, Hessen. Informationen: Klaus Veit, Schafthofstraße 6, 90556 Cadolzburg, www.naa.net/deepsky/dst.htm

12. – 20.4.: 25. Astronomisches Abenteuer-Camp bei Kleve. Jugendlager der Moerser Astronomischen Organisation. Information: Felix Kröger, Tel.: (0228) 6 20 26 67, www.sternwarte-moers.de/Leistungen/AAC/aac.html

21.–27.4.: Astronomie-Studienreise zum Meteoritenkrater von Rochechouart, Südfrankreich. Information: Eckehard Schmidt, Tel.: (0911) 4 72 09 78, www.wissenschaftsreisen.de

2. – 4.5.: 10. Tagung der Fachgruppe CCD-Technik (VdS). Sternwarte Kirchheim, Thüringen. Information: Dennis Möller, Tel.: (0551) 7 97 47 42, home.t-online.de/home/dennismoeller/ccdtagung/index.html

17.5.: 19. ATT – Astronomiebörse in Essen. Information: Verein für volkstümliche Astronomie Essen, Weberplatz 1, 45127 Essen (gegen DIN-A5-Rückumschlag mit 1,44 € frankiert).

6. – 9.6.: 22. Planeten- und Kometentagung in Violau. Information: Wolfgang Meyer, Martinstr. 1, 12167 Berlin, E-Mail: wolfgang.steglitz@gmx.de

24.5. - 4.6.: Astronomische Erlebnisreise nach Namibia. Informationen: www.geocities.com/biefang_astro-reisen

VdS – Vereinigung der Sternfreunde e.V., www.vds-astro.de

Sieben Plejaden-Schwestern

Da waren's nur noch fünf

Manchmal ist es leichter, ein neues Forschungsinstitut zu gründen, als ein altes zu schließen. Wie es vor mehr als 3000 Jahren zur Sternwarte von Nebra im heutigen Sachsen-Anhalt kam, wissen wir genauso wenig wie den Grund, warum sie wieder verschwand. Die Archäoastronomen glauben, dass die »Sternkundigen« von damals – vielleicht Priestergelehrte – von Nebra aus die Sonne über dem Kyffhäuser und dem Brocken anvisierten.

Forschungsinstitute, die nichts mehr produzieren oder deren Veröffentlichungen die Fachkollegen nicht mehr zitieren, werden geschlossen. Von den Forschungsergebnissen der Astronomen in Nebra ist nur eine rätselhafte Scheibe erhalten. Dort sind zwei Mondphasen abgebildet, daneben Sterne und zwei Kreisbögen. Eine Ansammlung von sieben Sternen – wahrscheinlich das Siebengestirn der Plejaden – sticht dabei besonders ins Auge. Schon der Prophet Amos erwähnt sie, und auch im Buch Hiob ist von ihnen die Rede. Homer lässt seinen Odysseus auf dem Weg von der Insel Calypso in die Heimat nach den Plejaden navigieren. Beim griechischen Dichter Hesiod werden sie ebenfalls beschrieben.

Mit bloßem Auge sieht man lediglich sechs Sterne, obwohl im griechischen und im germanischen Kulturkreis gelegentlich von sieben Sternen die Rede ist. Die griechische Sage erklärt das so: Die Götter Atlas und Plejone hatten sieben Töchter. Dieser Kinderreichtum hat mich schon als Schüler gewundert, da ja Atlas die ganze Zeit über die Erdkugel auf den Schultern tragen musste.

Die Namen der Töchter waren Alkyone, Asterope, Celaeno, Elektra, Maja, Merope und Taygeta. Weil sie vom Jäger Orion verfolgt wurden, versetzte sie Zeus, der ein Auge auf Maja geworfen hatte, an den Himmel. Die Töchter heirateten standesgemäß, nahmen sich also mindestens einen Halbgott zum Gemahl. Nur Merope geriet an den König Sisyphos, der schließlich in der Unterwelt landete, wo er zur Strafe noch heute einen Felsblock immer wieder bergauf rollen muss, der ihm aber vor dem Ziel entgleitet und danach wieder ins Tal zurückkullert.

Laxe Dienstauffassung

Der Sage nach schämt sich Merope deswegen so, dass sie nur schwach leuchtet. Von den sieben Töchtern sind deshalb nur sechs am Himmel mit bloßem Auge zu sehen. Die Zahl Sieben war im Altertum und auch bei den Germanen eine heilige Zahl. Das erklärt vielleicht, warum die Scheibe von Nebra sieben Plejadensterne zeigt. Ohne genauer nachzusehen, gingen die damaligen Astronomen vielleicht davon aus, dass es sieben Sterne seien. Müssen wir uns da noch wundern, dass bei einer solch laxen Dienstauffassung die Sternwarte wieder geschlossen wurde?

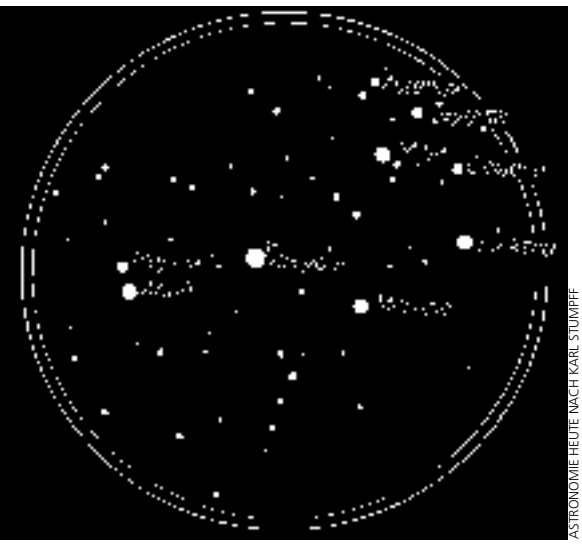
Auch der griechische Astronom Ptolemäus ergänzte sein Werk »Almagest«, das das astronomische Wissen seiner Zeit zusammenfasst, mit einem Sternkatalog. Darin sind die Plejaden lediglich mit vier Sternen vertreten. Der arabische Astronom Al-Biruni fügte noch zwei weitere hinzu. Seither zeigten alle Sternkarten sechs Plejadensterne. Auch in der arabischen Dichtung spielt das Siebengestirn eine wichtige Rolle: »Die Plejaden sind … die Hand eines zarten Mädchens, das sich an den Fingerspitzen mit Siegelringen geschmückt hat«, schreibt ein Dichter. »Als die Morgenröte unter den Plejaden aufleuchtete, glich sie einem König, der mit einer Krone auftritt«, so ein anderer.

Doch auch arabische Dichter erwähnen bisweilen sieben Sterne. Heute glaubt man, dass derjenige, der mit guten Augen sieben Sterne erkennt, eigentlich auch den achten sehen müsste. Der siebthellste der Plejaden ist ein veränderlicher Stern, dessen Leuchtkraft unregelmäßig um bis zu fünfzig Prozent schwankt.

Erst in der Renaissance, als der Einsatz von Fernrohren immer mehr Himmelsobjekte sichtbar machte, erhielten die einzelnen Plejadensterne Namen, wobei man sich an die oben erwähnte griechische Sage erinnerte. Doch nicht nur die sieben Töchter, auch Vater Atlas und Mutter Plejone wurden am Himmel verewigt.

Als im Jahre 1781 der französische Astronom Charles Messier seinen berühmten Katalog der Sternhaufen und Nebel veröffentlichte, gab er den Plejaden die Nummer 45. Seither tragen sie die Bezeichnung M45.

Heute wissen wir, dass die Plejaden zusammen mit vielen schwächeren Sternen einen so genannten offenen Sternhaufen von etwa 13 Lichtjahren Durchmesser bilden. Sie stehen dabei in einem so losen Verband nebeneinander, dass der Beobachter einem Stern nicht ansehen kann, ob er zum Siebengestirn gehört oder nicht. Erst als es gelang, die Bewegung der Sterne im Laufe der Jahre



ASTRONOMIE HEUTE NACH KARL STUMPFF

Die hellsten Plejadensterne erhielten zur Zeit der Renaissance individuelle Namen.

LANDESAMT FÜR ARCHÄOLOGIE SACHSEN-ANHALT, G. WUNDERLICH

Die Sternscheibe von Nebra

Die sieben Sterne der Plejaden stehen links vom oberen Horn der zunehmenden Mondsichel.

zu verfolgen, stellte sich heraus, welche Sterne wirklich zur Gruppe der Plejaden gehören und welche vor oder hinter ihnen stehen. Sie bewegen sich nämlich alle mit der gleichen Geschwindigkeit in dieselbe Richtung, wenn auch sehr langsam. Gegenüber den Hintergrundsternen wandern sie pro Jahrhundert gerade mal um sechs Bogensekunden. Es dauert also 30 000 Jahre, bis sie einen kompletten Vollmonddurchmesser am Himmel zurückgelegt haben. Ihr Abstand zur Erde beträgt 410 Lichtjahre. Das Licht, das wir heute von ihnen erhalten, wurde also etwa 25 Jahre vor Beginn des Dreißigjährigen Krieges ausgesandt.

Im November 1885 gelang den Brüdern Paul und Mathieu Henry, zwei an der Pariser Sternwarte arbeitenden Pionieren der Astrofotografie, eine drei Stunden lang belichtete Aufnahme der Plejaden. Dabei entdeckten sie um Maja einen Nebel. Bald zeigte sich, dass auch andere helle Plejadensterne von Nebeln umgeben sind. Es sind Reste der Gas- und Staubmassen, aus denen sich die Sterne einst bildeten, und die von ihnen inzwischen wieder in den Raum hinausgeblasen wurden.

Sternhaufen sind Gruppen von Sternen, die gleichzeitig entstanden sind: Ihre Mitglieder sind also alle etwa gleich alt. Sterne verbrauchen ihren nuklearen Energievorrat umso rascher, je mehr Masse sie in sich vereinen. Danach blähen sie sich zu Roten Riesen auf. Das Alter der Sterne eines Sternhaufens lässt sich daher sehr gut an der Zahl Roter Riesensterne abschätzen. Die Plejaden enthalten keinen einzigen Roten Riesen, sondern vorwiegend blaue Sterne. Die Astronomen schätzen ihr Alter auf etwa 50 bis 100 Millionen Jahre. Im Vergleich zu unserer Sonne mit ihren 4,5 Milliarden Jahren sind sie also noch recht jung.

Seit ich von der Sternscheibe von Nebra weiß, zähle ich auf allen alten Sternkarten und Sterngloben die Plejaden. Die Göttinger Sternwarte besitzt einen Sternglobus aus der Zeit um 1603. Er zeigt sechs Plejadensterne. Unter meinen Büchern im Keller fand ich die Reproduktion einer in Amsterdam gedruckten Sternkarte von Gerard Valks und Pieter Schenk, die beide um das Jahr 1700 lebten, also lange nach der Erfindung des Fernrohrs. Wieder zählte ich die Plejadensterne ab: Da waren's nur noch fünf.

Es ist doch erstaunlich, dass den Menschen vor Jahrtausenden in unserem Land die Astronomie schon etwas bedeutete. Noch mehr aber wundert es mich, dass es in den mehr als 3000 Jahren, die seither vergangen sind, niemand mehr geschafft hat, auf dem Gebiet des heutigen Landes Sachsen-Anhalt eine neue professionelle Sternwarte zu bauen. <<

Rudolf Kippenhahn, Jahrgang 1926, wechselte nach der Promotion in Mathematik zur Theoretischen Astrophysik. Mit Hilfe von Computermodellen gelang es ihm, den Lebenslauf von Sternen zu enträtseln. Nach Aufenthalten an Sternwarten im In- und Ausland lehrte er zehn Jahre lang an der Universität Göttingen und leitete dann von 1975 bis 1991 das Max-Planck-Institut für Astrophysik in Garching. Im Alter von 65 Jahren setzte er sich zur Ruhe und lebt seither als Schriftsteller in Göttingen. In seinen Büchern versucht er, komplizierte wissenschaftliche Sachverhalte einem breiten Publikum nahe zu bringen.

»Go to« auf dem Vormarsch

Eine neue Klasse preiswerter Fernrohre erobert den Markt.

Vier Go-to-Teleskope für Einsteiger. **>> Alan Dyer**

Ob computergesteuerte Teleskope den Markt erobern, ist längst keine Frage mehr. Die Fakten sprechen eine klare Sprache: Seit mindestens zwei Generationen hat kein anderes Produkt so einschneidend das Konzept der Einsteigerfernrohre verändert wie diese neuen Modelle.

Immer wieder haben erfahrene Amateurastronomen viele der Einsteigerteleskope als ungeeignet kritisiert. Die Bilder waren verschwommen, die Montierungen wackelig und die Ausstattungen von minderer Qualität. Diese »Kaufhausteleskope« stellten im Allgemeinen eine Enttäuschung für die Erstkäufer dar. Inzwischen bekommt man im mittleren Preissegment Teleskope mit einer Ausstattung und in einer Qualität, wie sie zuvor nur bei den Top-Geräten zu finden waren. Diese Produkte für den Massenmarkt haben das Kaufhausteleskop quasi neu definiert. Die neuen Celestron-NexStar- und Meade-ETX-Instrumente sind ernst zu nehmende Versuche, Qualitätsteleskope zu Preisen herzustellen, die der Einsteiger auch zu zahlen bereit ist. Eine Revolution in diesem Marktsegment! Doch halten die Geräte auch das, was sie versprechen? Nach einem Test unter schwierigsten Winterbedingungen kann ich jedoch bestätigen: Die preiswerten Go-to-Teleskope sind ihr Geld wert!

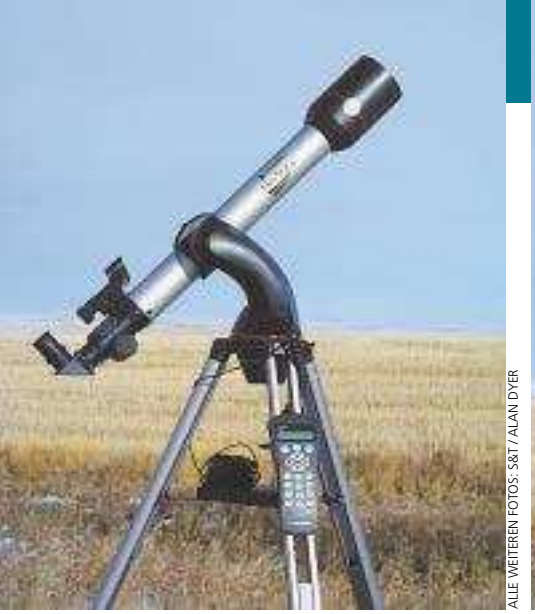
Das Meade-ETX-70AT ist das Einstiegsmodell der populären ETX-90EC und ETX-125EC-Maksutov-Cassegrain-Teleskope. Das »AutoStar«-Handsteuerungsgerät ist nahezu identisch mit der Version, die die teureren Modelle positioniert. Der Unterschied besteht in der geringeren Anzahl gespeicherter Objekte.

Die Celestron-NexStar-Reihe, die mit den großartigen Fünf- und Achtzöllern begann, umfasst nun auch die in China hergestellten Instrumente, die hier besprochen werden. Die Optik wird jedem bekannt vorkommen, der sich in der letzten Zeit auf dem Markt für Einsteigerteleskope umgesehen hat. Der Zusammenbau jedes der vier Instrumente könnte kaum einfacher sein. Sämtliche »Go to«-Innereien sind in die Montierung integriert, die bereits fertig zusammengebaut geliefert wird. So ist kein Anbringen von Motoren oder Ausrüstung erforderlich, die den Zusammenbau früherer günstiger Go-to-Teleskope unnötig kompliziert machte. Die aktuellen Geräte werden auf das Stativ geschraubt – und fertig.

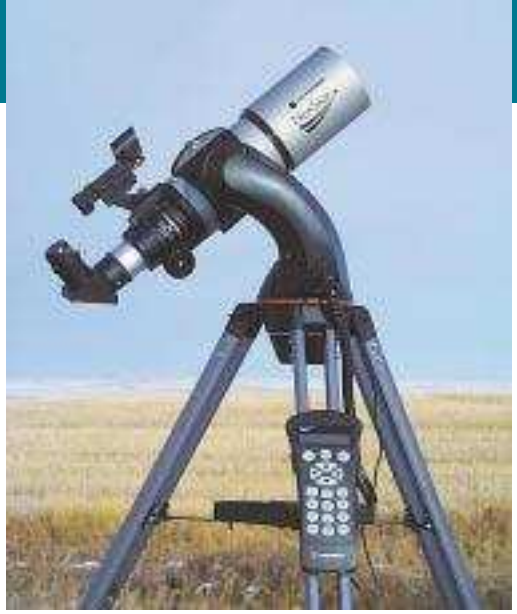
Alle Teleskope sind ab Werk ziemlich vollständig ausgestattet. Das lohnendste Extrazubehör für die kurzbrennweitigen Refraktoren (das Celestron 80GT und das Meade ETX-70AT) dürfte eine hochwertige Barlowlinse zur Planetenbeobachtung sein, um die Brennweite zu vervielfachen (mindestens zweifach, wenn nicht dreifach). Für das Meade-Teleskop mit seiner exponierten Frontlinse wäre zusätzlich eine Abdeckkappe sehr sinnvoll. Anders als in den USA bietet Meade das ETX-70 in Deutschland in verschiedenen Ausstattungsvarianten an.

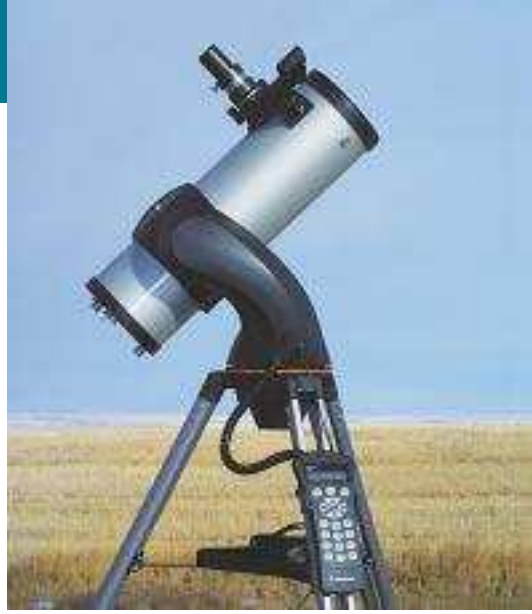
S&T / CRAIG MICHAEL UTTER

Das Meade-ETX-70AT-Teleskop (rechts) ist ein zweilinsiger Refraktor mit achromatischem Objektiv, 350 mm Brennweite und einem Öffnungsverhältnis von 1:5. Das links abgebildete ETX-AT60 ist auf dem deutschen Markt nur im Rahmen von Sonderaktionen erhältlich.



ALLE WEITEREN FOTOS: S&T / ALAN DYER





Das NexStar 60GT **(links) ist ein f/12-Refraktor, er ähnelt dem Celestron FirstScope 60AZ. Der kurzbrennweitige 80GT-f/5-Refraktor (Mitte) entspricht dem früheren FirstScope 80WA. Rechts das NexStar 114GT.**

Aufstellung und Ausrichtung. Auch wenn die Instrumente äußerst pfiffig sind, müssen sie doch zunächst initialisiert und auf zwei bekannte Sterne ausgerichtet werden, bevor sie automatisch astronomische Objekte ansteuern können. Als Erstes müssen Datum, Zeit und die Position des Beobachters auf der Erde eingegeben werden. Dafür verfügt jedes Teleskop über eine umfangreiche Auswahl an gespeicherten Städten. Die Celestron-Geräte erlauben wahlweise auch die direkte Eingabe der geografischen Breite und Länge. Das ist nützlich, wenn Ihr Ort nicht in der Datenbank verzeichnet ist. Etwas anders das Meade: Sie wählen einen Ort aus der Liste, ersetzen dessen Koordinaten durch Ihre eigenen und speichern die Position unter einem beliebigen Namen. Das funktioniert ebenfalls sehr gut. Die Geräte beider Hersteller sehen auch eine separate Speicherung von bevorzugten Standorten vor, sodass diese nicht immer mühsam aus der langen Liste aller Orte herausgesucht werden müssen. Das Meade erlaubt bis zu sechs Standorte, denen netterweise individuelle Namen gegeben werden können, während Celestron neun Speicherplätze bereithält, die lediglich durch die Zahlen 1 bis 9 unterschieden werden können. Bei jedem Neustart wählt die Software des Meade-Teleskops die jeweils letzte Position an und verkürzt somit die Initialisierung. Die Celestron-Software dagegen verlangt bei jeder Benutzung die Auswahl eines Standorts. Das ist zwar nicht übermäßig kompliziert, dauert dann aber doch einige Zeit länger, bis man zur benutzerdefinierten Liste und zur Auswahl des Standorts gelangt. Keins der vier Teleskope hat eine eigene Uhr, bei der die Zeit weiterläuft, während das Gerät ausgeschaltet ist. Datum und Zeit müssen also jede Nacht neu eingestellt werden. Das Meade zeigt das Datum der letzten Benutzung an, sodass eventuell nur der aktuelle Tag eingestellt werden muss und nicht Monat und Jahr. Die Celestrons dagegen verlangen bei jedem Einschalten die Eingabe des kompletten Datums.

Fallstricke bei der Ausrichtung. Die Initialisierung birgt die Gefahr von Bedienungsfehlern: Bei allen vier Geräten kann man das Teleskop irrtümlicherweise auf den falschen Stern ausrichten. Das passierte mir in einer Nacht, als ich es auf Kastor ausrichtete, während das Instrument dessen Zwillingsbruder Pollux verlangte. Wenn das Teleskop nicht sorgfältig aufgestellt ist (Stativ und Tubus waagrecht und nach Norden ausgerichtet), kann es in die Nähe von Sirius zeigen, obwohl das Teleskop in Wirklichkeit Rigel für die Ausrichtprozedur benötigt. Wenn Sie den falschen Stern zentrieren, mag das Teleskop die Ausrichtung zwar akzeptieren, aber Sie werden dennoch keine Objekte finden. Ebenso kann es sein, dass das Teleskop nach einem weniger geläufigen Stern verlangt: Wissen Sie, welcher Stern des Großen Bären »Alioth« ist? Die Celestron-Bedienungsanleitung umfasst dankenswerterweise einen Satz von Sternkarten, in denen die Referenzsterne markiert sind. Die Anleitung des Meade enthält dagegen lediglich eine grobe Karte, die wenig hilfreich ist. Der »Starpointer«-Sucher von Celestron stellt sich bei der Zentrierung von Sternen als nützlich heraus. Trotz des drei Grad großen Gesichtsfeldes des Meade-Teleskops befanden sich die Referenzsterne oftmals au- >

Computergesteuerte Einsteigerteleskope

Celestron-NexStar-Reihe

> 60GT – 60mm-f/12-Refraktor: ca. 445 €
> 80GT – 80mm-f/5-Refraktor: ca. 585 €
> 114GT – 114-cm-f/9-Reflektor: ca. 690 €

Celestron in Deutschland:
Baader Planetarium GmbH
82291 Mammendorf
Tel. (08145) 8802
http://www.celestron-nexstar.de/

Meade-ETX-AT-Reihe

> ETX-70AT – 70mm-f/5-Refraktor: ca. 315 €

Meade in Deutschland:
Meade Instruments Europe GmbH & Co. KG
Siemensstraße 6
46325 Borken/Westfalen
Tel. (02861) 9317-0
http://www.meade.de

Das NexStar 114GT ist ein 114-cm-Reflektor (4,5 Zoll) mit einer effektiven Brennweite von 100 cm in einem 46 cm langen Tubus. Er beherbergt einen f/4,5-Primärspiegel, kombiniert mit einer Zweifach-Barlowlinse, die an der Basis des Okularauszugs montiert ist. Abgesehen von der Verarbeitung ist die Tubuseinheit identisch mit der des Celestron-FirstScope-114-Short-Reflektors.

> ßerhalb des Feldes, das durch das Okular sichtbar ist. Dies macht ein grobes Zielen über den Tubus erforderlich und führt schnell zu einer falschen Ausrichtung.

Zusätzlich zum Easy-Align-Modus, bei dem das Teleskop die Referenzsterne wählt, bietet das Meade AT ein manuelles Einstellungsverfahren an, bei dem zwei Sterne aus einer gespeicherten Liste von 79 benannten Sternen ausgesucht werden können. Auch Celestron bietet ein solches Zwei-Sterne-Verfahren an, zumindest für diejenigen, die entweder ein neues Teleskop-Modell besitzen oder aber, bei älteren Geräten, den Chip im Handcontroller auswechseln ließen. (Ein solches Upgrade bietet Celestron zur Behebung einiger Probleme seit Januar 2002 kostenlos an.) Alternativ ist es ohnehin immer möglich, einen automatisch ausgewählten Referenzstern zu überspringen – etwa wenn er durch einen Baum verdeckt wird – und den nächsten aus der Liste zu nehmen. Das ist sowohl in Meades Easy-Align- als auch bei Celestrons Auto-Align-Modus möglich.

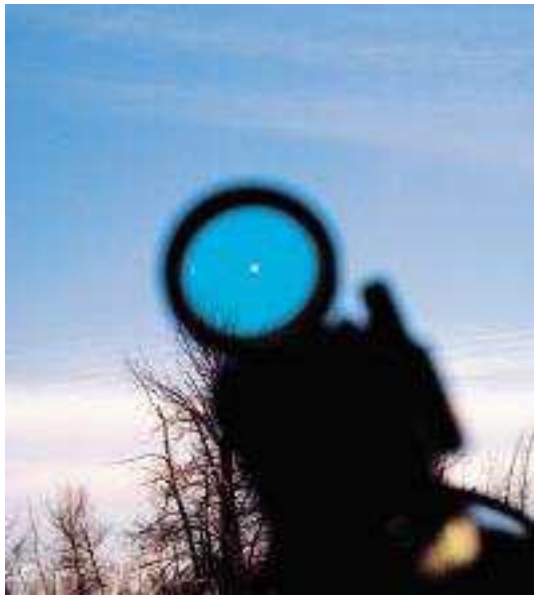
Damit die Ausrichtung des Teleskops gut genug ist, um Objekte innerhalb eines großen Himmelsbereichs zu finden, war es oft notwendig, die Referenzsterne manuell auszuwählen. Die Geräte beider Hersteller haben nämlich die Angewohnheit, Referenzsterne auszusuchen, die recht nahe beieinander liegen (beispielsweise Sirius und Rigel). Das ist zwar ausreichend, um Objekte in der Umgebung von Orion zu finden, aber bei Schwenks auf die andere Seite des Himmels können die gesuchten Himmelsobjekte an den Rand oder gar aus dem Okularfeld herausfallen. Die Verwendung weit auseinander liegender Referenzsterne verbesserte die Positionierungsgenauigkeit enorm. Bei guter Ausrichtung ist die Positionierung aller Teleskope bemerkenswert präzise. Die gesuchten Objekte liegen im Allgemeinen nicht nur im Feld, sondern bei geringer Vergrößerung sogar nahe des Zentrums. Über einen weiten Bereich des Himmels liegt die Positionierungsgenauigkeit bei einem halben Grad oder besser.

Eines der NexStar-Geräte stoppte in seltenen Fällen bei der Positionierung mehrere Grad vor Erreichen des korrekten Azimutwinkels ohne irgendein Anzeichen, dass etwas nicht in Ordnung wäre. Ansteuern eines anderen Objekts und anschließendes Zurückfahren auf das verfehlte Zielobjekt ergab dann eine korrekte Positionierung. Dieser Fehler ist mit dem Chip-Wechsel mittlerweile aber ebenfalls beseitigt.

Einmal auf das gewünschte Objekt ausgerichtet, führen alle Teleskope durch eine Schrittsteuerung der Servomotoren an jeder Achse nach, sodass das Objekt immer im Feld bleibt, während sich der Sternhimmel auf Grund der Erdrotation scheinbar dreht. Beim Meade ETX-70 geschah dies fehlerlos. Auch nach drei Stunden war Jupiter noch nahezu in der Bildmitte. Die Nachführung klappt auch über den Zenit hinweg – eine schwierige Aufgabe, die von einem Alt-Azimut-Teleskop eine schnelle Drehung um 180 Grad erfordert. Die Celestrons sind weniger präzise in der Nachführung. Sogar im Netzbetrieb und bei sorgfältiger Ausrichtung befindet sich Jupiter nach einer Stunde etwa drei Grad außerhalb des Feldes. Die NexStar Geräte bewegen sich systematisch zu langsam in Bezug auf den Sternhimmel. Für die gelegentliche Beobachtung, für die diese Teleskope ausgelegt sind, ist dies jedoch ausreichend. Immerhin halten sie die Zielobjekte über viele Minuten hinweg im Feld. Einen Zenit-Nachführtest konnte ich mit den Celestrons nicht durchführen, da keines der Teleskope den Zenit erreicht: Die Teleskoptuben stoßen an irgendeinem Punkt an die Basis oder an die Stativbeine.

Jedes Celestron NexStar wird mit einer praktischen batteriebetriebenen »Starpointer«-Visiereinrichtung geliefert, die sich einfach befestigen und ausrichten lässt. Das Meade wird ohne Sucherfernrohr ausgeliefert. In der Praxis wäre dies aber ein willkommenes Zubehör.

Bewegung und Bremsung. Die Celestrons schwenken ein wenig schneller als das Meade, aber bei Zeitmessungen lieferten sie sich mit dem Meade ein totes Rennen. Das Meade benötigt etwas länger für die anfängliche schnelle Bewegung, fährt dafür aber näher an das Ziel heran, das sich dann oftmals schon im Gesichtsfeld befindet. Dann bremst das Teleskop scharf ab und »schubst« das



Die NexStar-Handkontrollgeräte (links) verwenden eine numerische Tastatur für die Eingabe von Datum, Zeit und Katalognummer astronomischer Objekte. Das Handgerät für das Meade AT (rechts) arbeitet mit Pfeiltasten, die den Cursor über die Anzeige bewegen und von 0 bis 9 zählen.

Objekt mit kleinen Bewegungen in seine Endposition. Dagegen verfolgen die Celestrons eine andere Strategie. Die schnelle Bewegung stoppt lange vor dem Erreichen der Zielposition. Dann »schleicht« sich das Instrument langsam an das Objekt heran. Beim Steuern mit dem Handtaster zeigt das Meade-Teleskop wenig Spiel und Schlupf im Antrieb, lediglich ein leichtes Eiern in der Höhe ist bei azimutaler Bewegung zu bemerken.

Unterschiede in der Datenbank. Die Celestrons enthalten eine umfangreichere Datenbank als das Meade (4033 gegenüber 1471 Objekten). Für die meisten Nutzer ist dieser Unterschied aber nicht schwerwiegend, da der Hauptunterschied in der Anzahl der enthaltenen SAO-Sterne (Katalog des Smithsonian Astrophysical Observatory) besteht. Die Celestrons verfügen nichtsdestotrotz auch über eine größere Anzahl von schwachen Objekten. Das Meade listet dagegen ungewöhnliche Objekte auf, wie 34 nahe Sterne, elf Sterne mit Planeten, elf Quasare und drei Schwarze Löcher, obwohl die beiden Letzteren jenseits der Fähigkeiten dieser Teleskope liegen. Die NexStar-Software bietet leider sehr wenig Querverweise zwischen den Deep-Sky-Katalogen. So sagt sie uns nicht, dass »Caldwell 1« nur ein anderer Name für NGC 188 ist, und umgekehrt. In ähnlicher Weise werden Doppelsterne mit Eigennamen, wie »Algieba«, nicht auch unter ihrer geläufigeren Bayer-Bezeichnung, in diesem Fall Gamma Leonis (γ Leo), aufgeführt. Andere unbenannte Sterne werden ausschließlich unter Celestrons eigener Katalognummer gelistet und nicht mit ihrer SAO-Nummer. Die Meade-Software enthält die weitaus umfangreichere Bibliothek mit Textinformationen über eine deutlich größere Anzahl an Objekten. Damit fungieren diese kleinen Teleskope auch als virtuelle Lehrer, indem sie kurze Kapitel mit Informationen über Hunderte von Objekten bereitstellen.

Software. Meiner Auffassung nach hat Meade hier durch das hohe Niveau seiner großartigen AutoStar-Software die Nase vorn. Die »Identify«-Funktion arbeitet außerordentlich gut: Fährt man das Fernrohr manuell auf verschiedene Deep-Sky-Objekte, blendet der AutoStar fehlerfrei ihre NGC-Nummern ein. Das Handgerät liefert zudem genaue Daten über Sonnenauf- und -untergang, Mondauf- und -untergang sowie die Mondphasen. Der Benutzer kann Helligkeit und Kontrast des Displays einstellen. Nach ein paar Minuten Inaktivität erlischt die Anzeige von alleine und spart so wertvollen Batteriestrom.

Das Meade enthält eine nützliche Parkfunktion, die das Teleskop in eine Ruheposition bringt, in der es ausgeschaltet werden kann, sodass die Ausrichtung dabei nicht verloren geht. Wenn Sie also das Teleskop in der Zwischenzeit nicht bewegen, können Sie – nachdem Sie das Gerät wieder »aufgeweckt« haben – in einer der folgenden Nächte die Beobachtung fortsetzen, ohne das Teleskop erneut ausrichten zu müssen.

Alle Instrumente im Test bieten eine so genannte »Tour«-Funktion. Die Celestron-Tour umfasst 77 Objekte am gesamten Himmel, die mit Objekten direkt im Süden beginnt und sich nach Osten beziehungsweise Westen fortsetzt, je nachdem ob man die Liste abwärts oder aufwärts durchläuft. Das getestete Meade bietet drei Touren an. Hier kommen die Stärken computergesteuerter Go-to-Teleskope voll zur Geltung. Während von Celestron noch keine Touren verfügbar sind, lassen sich von der US-Homepage von Meade mittlerweile weitere herunterladen. Sie werden über das Programm ASU und das optionale Kabelset mit der Artikelnummer 07-46000 eingespielt.

Batterielebensdauer und Verhalten bei kaltem Wetter. Die ausgeklügeltste Software ist für die Katz, wenn die Batterien schlapp machen. Der Nachteil dieser und aller High-Tech-Teleskope ist ihr Strombedarf. Anstatt einfach die Arbeit einzustellen, begannen sämtliche Geräte sich fehlerhaft zu verhalten, wenn die Batterie in die Knie ging: Sie schwenkten unkontrolliert in verschiedene Richtungen oder bewegten sich stoßweise. Das Meade kann dann vom Motorantrieb abgeklemmt und von Hand positioniert werden, die Celestrons sind jedoch auf Strom angewiesen. Bei Zimmertemperatur reichen die Batterien des Meade für eine zehnstündige Nachführung mit gelegentlichem Positionieren. Die Celestrons hielten bei gleicher Nutzung etwa genauso lange durch. Im nächtlichen Einsatz bei Temperaturen unter dem Gefrierpunkt gaben die Geräte beider Hersteller mit konventionellen Alkalibatterien nach etwa zwei bis drei Stunden den Geist auf. Durch den Einsatz wiederaufladbarer Nickel-Metallhydrid-Akkus (NiMH) erhöhte sich die Ausdauer bei Kälte auf fünf bis sechs Stunden. Den Strombedarf vor Augen, halte ich einen Satz NiMH-Akkus mit einem Ladegerät für die nützlichste Zusatzanschaffung zu diesen Teleskopen. Die Celestrons können zwar auch mit einem Netzgerät betrieben werden, das beschwört jedoch die Gefahr von Kabelgewirr und unbeabsichtigtem Steckerziehen herauf. Auf der anderen Seite erlaubt der Netzbetrieb hier ein Weiterbeobachten, nachdem das batteriebetriebene Meade längst den Dienst quittierte. >

> Die Anzeige der Celestrons blieb auch in den kältesten Nächten lesbar, während die Textlaufzeile des Meade, trotz aller Versuche, Helligkeit, Kontrast und Laufgeschwindigkeit optimal einzustellen, zu einem Kauderwelsch verkommt. Unbewegter Text war jedoch immer lesbar, auch wenn die Anzeige in kalten Nächten etwas träge reagierte.

Fokussierung. Das Meade dürfte das erste Teleskop sein, bei dem ich Schwierigkeiten mit dem Scharfstellen hatte. Ein kleiner Fokussierknopf dreht eine Gewindestange, die die Frontlinse um kleinste Distanzen entlang des Tubus verschiebt. Zur Veränderung des Brennpunkts braucht es eine ganze Menge Dreharbeit. Ein Wechsel zwischen den mitgelieferten 25- und 9-Millimeter-Okularen erfordert vierzehn Umdrehungen am Fokussierknopf. Schon länger plant Meade, das 9-Millimeter-Okular aus diesem Grund zu modifizieren, damit sein Brennpunkt nahe dem des 25-Millimeter-Okulars zu liegen kommt, bislang ist aber keine Änderung in Sicht.

Bei den Celestrons finden im Gegensatz dazu konventionelle Okularauszüge mit Treibrad und Zahnstange Verwendung, die auch mit Handschuhen leichtgängig, schnell und einfach einzustellen sind. Nur das 114GT stellte sich als etwas heikel heraus: Die Tiefenschärfe ist so gering, dass schon die kleinste Drehung das Bild weit aus der Brennebene bringt.

Stabilität der Montierung. Alle Teleskope stellten sich lobenswerterweise als sehr stabil auf ihren jeweiligen Stativen heraus. Das Meade benötigte etwa ein bis eineinhalb Sekunden, um die Schwingungen nach einem sanften Schlag auf den Tubus zu dämpfen. Die Gummifüße des Stativs wirken hier tatkräftig mit; ohne sie betrug die Ausschwingzeit mindestens drei Sekunden. Ein Großteil des Wackelns beim Meade rührt nicht von der Verbindung mit dem Stativ her, sondern von einem Spiel zwischen der oberen Platte, an der die Teleskopgabel befestigt ist, und der zylindrischen Basis des Fernrohrs.

Die einarmige Gabel und die breitbeinig stehenden Stative der Celestrons sind ebenfalls solide. Das 60GT hatte Ausschwingzeiten von zwei Sekunden, beim 114GT waren es eineinhalb Sekunden und bei dem gedrungenen Tubus des 80GT sogar weniger als eine Sekunde.

Okulare und Bedienungsanleitungen. Die meisten der Teleskope sind mit guten 1¼-Zoll-MA-Okularen (32 Millimeter) ausgestattet (»modifizierte Achromate« oder »Kellner-Okulare«). Eine Ausnahme bildet das Celestron 60GT: Seine 20-, 10- und 4-Millimeter-MA-Okulare fallen in der Qualität etwas ab. Das 20-Millimeter-Okular lieferte akzeptable Abbildungen, wenn man auch seine Bezeichnung als »Weitwinkel« in Frage stellen kann. Das Feld ist mit etwa 50 Grad nicht viel größer als bei irgendeinem anderen preiswerten MA- oder Plössl-Okular. Das 10-Millimeter-Okular hat mit seinen 35 Grad einen wahren Tunnelblick, während das 4-Millimeter-MA-Okular ein normales Feld besitzt, aber praktisch keinerlei Hilfe für das Auge bietet. Dies ist das typische extrem vergrößernde Okular, das Kaufhausteleskopen ihren schlechten Ruf verschaffte. Meiner Meinung nach sollten solche Okulare mit überhaupt keinem Teleskop verkauft werden.

Die Meade-Bedienungsanleitung ist gründlich, wenn auch etwas kurz bei ihrer Beschreibung der vielen Autostar-Funktionen. Die Anleitung für das Celestron wurde im Januar 2002 aktualisiert

Alle drei NexStar-Geräte stoßen in Zenitnähe an die Stativbeine. Das 60-mm-NexStar (links) zeigt auf +70° Höhe, bevor es an die Stativbeine stößt; das 80er (Mitte) erreicht +80° Höhe. Das 114-mm-NexStar kommt bis auf +84°, wenn man den Tubus so weit als möglich in seiner Halterung nach vorne schiebt. Mittels der Funktion »Slew Limits«, die der Benutzer selbst einstellen muss, stoppt das Teleskop, bevor es ans Stativ stößt.

und beschreibt die letzte Programmversion »NexStar Observer List V2.02c«. Sie informiert obendrein über die erweiterten Funktionen der Handsteuerung für die NexStar-GT-Teleskope. Ältere Modelle müssen hierzu einen Eprom-Wechsel über sich ergehen lassen.

Die Optik. Bei den getesteten Teleskopen handelt es sich um preiswerte Fernrohre, die für Allzweckbeobachtungen mit niedriger bis mittlerer Vergrößerung bestimmt sind. Nichtsdestotrotz hatten von den vier getesteten Instrumenten zwei so gravierende optische Probleme, dass ich einen Umtausch für erforderlich hielt. Der Celestron-80GT-Refraktor lieferte bei moderater Vergrößerung dreieckige Sternbilder, was auf eine verspannte Optik in der Kunststofffassung hinweist. Der Celestron-60GT-Refraktor zeigte sphärische Aberration und so schlechte Kollimation, dass Planeten merklich unscharf abgebildet wurden. Die Ersatzgeräte, die vom Hersteller geliefert wurden, waren deutlich besser.

Das Meade 70AT zeigte nur geringe Dekollimation und wenig sphärische Aberration. Bei 116facher Vergrößerung löste das Teleskop helle Sterne in der Brennebene gut auf und zeigte saubere zentrale Beugungsscheiben (Airy-Scheibchen) mit hellen ersten Beugungsringen und schwächeren zweiten Ringen – ein Zeichen für gute Optik. Mein 70AT-Testfernrohr würde ich als ein gutes Einsteigerteleskop für Allzweckbeobachtungen einstufen.

An der Rückseite des Meade AT kann eine 35-mm-Spiegelreflexkamera angebracht werden, doch dann erreicht das Teleskop keine Höhen über 45°. Hier ist der schmalere Kamera-Adapter (Artikelnummer 04-10155) erforderlich.

Das Celestron-60GT-Ersatzgerät wies eine deutlich stärkere sphärische Aberration auf als das Meade 70AT. Jupiter bot damit aber immer noch einen netten Anblick. Die Optik des Celestron-80GT-Ersatzinstruments war dekollimiert: Sterne im Brennpunkt hatten bei hoher Vergrößerung einen Reflex an einer Seite. Auch der 114GT-Reflektor kam mit leicht dekollimierter Optik bei mir an. Im Gegensatz zu Linsenfernrohren kann bei Spiegelteleskopen die Optik durch Justierung des Hauptspiegels aber kollimiert werden. Einmal richtig eingestellt, zeigt das 114GT nur noch schwache sphärische Aberration und bietet eine gute Abbildung von Planeten. Bei tiefer gehenden Beobachtungen des Sternhimmels mit dem gering vergrößernden Okular (und den Top-Okularen TeleVue Panoptic und Orion Lanthanum Superwide), erschienen Sterne im äußeren Drittel des Felds trotz des Öffnungsverhältnisses von 1:9 auf Grund eines Asymmetriefehlers (»Koma«) beträchtlich verformt.

In den beiden kurzbrennweitigen Refraktoren (Celestron 80GT und Meade 70AT) erschien Jupiter als eine gelbgrün getönte Scheibe, umgeben von einem blauroten Schein – das unvermeidliche Maß an chromatischer Aberration bei preiswerten Refraktoren mit einem Öffnungsverhältnis von 1:5. Erwartungsgemäß zeigte der 60GT-Refraktor denn auch auf Grund seines Öffnungsverhältnisses von 1:12 nur minimale chromatische Aberration.

Bei hoher Vergrößerung boten alle Teleskope Bilder von Planeten, die man bestenfalls als »weich« bezeichnen könnte. Während die beiden breiten äquatorialen Bänder des Jupiter sichtbar waren, ließen selbst die besten Instrumente die schmaleren Bänder allenfalls erahnen. Die Cassini'sche Teilung der Saturnringe war zwar erkennbar, allerdings nicht gestochen scharf oder kontrastreich.

Insbesondere für die niedrig auflösende Beobachtung von schwachen Objekten sind diese Go-to-Teleskope geeignet. Dies trifft vor allem für die kurzbrennweitigen Linsenfernrohre zu. Einen dunklen Sternhimmel mit dem Meade AT und dessen großartiger Software zu beobachten, bereitete mir eine Menge Vergnügen.

Bei einem Höhenwinkel von mehr als 45° ist der Fokussierknopf des Meade-Refraktors schwierig zu bedienen, besonders wenn man Handschuhe anhat.

»And the Winner is …:« Die getesteten Go-to-Teleskope und die Software beider Hersteller sind so ausgefeilt, dass sie meine Erwartungen in Bezug auf preiswerte Fernrohre bei weitem übertroffen haben. Besonders beeindruckt hat mich das Meade 70AT mit seinem gut gelungenen AutoStar-Handgerät. Alle diese kurzbrennweitigen Refraktoren sind kompakt und ansprechend. Stadtbewohner sollten jedoch bedenken, dass von einem städtischen Hinterhof aus beobachtete Galaxien oder Nebel vom Himmelshintergrund immer »ausgewaschen« werden. Und Planetenansichten können auf Grund der niedrigen Vergrößerung und begrenzten Öffnung leicht enttäuschen. Meiner Auffassung nach sind diese Teleskope daher am besten für dunkle Standorte geeignet.

Wegen seiner Öffnung und Brennweite ist das Celestron-114GT-Spiegelteleskop das beste Gerät für Planetenbeobachtungen. Einmal auf Umgebungstemperatur abgekühlt und kollimiert, liefert seine Optik befriedigende farbfehlerfreie Abbildungen von Planeten. Für Beobachter in der Stadt dürfte es daher die beste Wahl sein. <<

Alan Dyer berichtet für ASTRONOMIE HEUTE regelmäßig über Fernrohre und Ausrüstung.

Literaturhinweise:

> Das Astroteleskop. Von Heinz-Joachim Klötzler, Kosmos-Verlag, Stuttgart 2000.

> Tipps+Tricks für Sternfreunde. Von T. Baader und W. Paech, Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg 2000.

Kleines Feldstecher-Abc

Welche Geräte taugen wofür und wie holen Sie das Optimum aus ihnen heraus? Einige Gedanken zur Himmelsbeobachtung mit beiden Augen.

>> Alan Adler

Was wurde nicht schon alles über die Faszination der Feldstecherastronomie geschrieben. Sie ist aber auch einfach wunderbar, ja geradezu herrlich! Und dabei wird sie noch immer unterschätzt. Denn die meisten Amateurastronomen besitzen einen Feldstecher, nur benutzen sie ihn kaum zur Beobachtung. Wenn sie wüssten, was ihnen entgeht! Wer sich bis zum Morgengrauen ausschließlich über ein Teleskop beugt, verpasst einige der schönsten Eindrücke vom Nachthimmel!

Am Firmament gibt es viele große und schöne Objekte, die in einem Feldstecher einfach besser aussehen als in jedem Fernrohr. Dazu gehören helle Kometen, große Galaxien, Sternfelder sowie große offene Sternhaufen und Nebel. Astronomie mit dem Feldstecher ist eine wunderbare Möglichkeit den Nachthimmel zu genießen – vor allem, weil sie entspannender ist als die Beobachtung mit einem Teleskop. Fehlwahrnehmungen und Defekte stören nicht so stark, wenn man mit beiden Augen beobachtet. Denn unser Gehirn kann die Eindrücke wie selbstverständlich zu einem einheitlichen Bild zusammensetzen.

Auch wenn Sie im Prinzip jeden Feldstecher für astronomische Zwecke benutzen können, sind manche besser dazu geeignet als andere. Ich genieße die Faszination der Fernglasbeobachtung seit vielen Jahren und habe Dutzende unter dem Nachthimmel getestet. So wurde mein Sinn für das Wesentliche bei diesen Instrumenten geschärft, und diese Erfahrung möchte ich hier mit Ihnen teilen. Im Folgenden also ein paar Gedanken eines begeisterten Fans der Feldstecherastronomie.

Zurzeit bevorzuge ich zwei Arten von Ferngläsern. Das eine hat eine geringe Vergrößerung (zehnfach) und eine große Objektivlinse (50 Millimeter Durchmesser). Dieses 10×50er benutze ich, um Objekte am Himmel zu finden und mir einen Überblick zu verschaffen. Das andere ist ein stark vergrößerndes Fernglas für detailliertere Beobachtungen. Entscheidend für das Auffinden von Objekten ist die Größe des Gesichtsfelds. Instrumente mit einem weiten Gesichtsfeld sind optimal geeignet für das Betrachten der Milchstraße mit meinen Lieblingsregionen: Schütze (»Sagittarius«), der Hals des Schwans (»Cygnus«), Orion und Kassiopeia.

Das Gesichtsfeld eines Feldstechers gibt an, welchen Bereich ich durch das Fernglas sehen kann. 114 m/1000 m bedeutet zum Beispiel, dass ich in 1000 Meter Entfernung 114 Meter überblicken kann. Oft wird das Gesichtsfeld auch in Grad angegeben. Diese Gradangabe ist relativ einfach in Meter umzurechnen: Man multipliziert die Gradzahl einfach mit dem Faktor 15,97 und erhält so die Angabe in Meter, bezogen auf 1000 Meter. Was mich jedoch viel mehr interessiert ist die Fläche, die ich mit einem Gerät am Himmel erfassen kann. Sie ist proportional dem Quadrat des angegebenen

MIT FREUNDLICHER GENEHMIGUNG VON ISAAC KIKAWADA

Alan Adlers Liebe zur Feldstecherastronomie hat ihm zahllose unvergessliche Nächte unter dem Sternenhimmel beschert – aber auch viel Erfahrung im Testen, Bauen und Einsatz von Equipment.

S&T / CRAIG MICHAEL UTTER

Feldstecher gibt es in vielen Größen und Formen. Angefangen vom einfachen 7x50er bis hin zu Wunderwerken der Technik mit elektronischer Bildstabilisierung. Welche aber sind für den Hobbyastronomen die besten?

Gesichtsfelds. Ein Feldstecher mit einem Blickfeld von sieben Grad zeigt rund doppelt so viel Fläche des Himmels wie ein Fernglas mit fünf Grad Blickfeld. Normalerweise besitzen Instrumente mit geringer Vergrößerung ein weiteres Gesichtsfeld als solche mit hoher Vergrößerung. Wählen Sie allerdings die Vergrößerung zu niedrig, dann kann es passieren, dass Sie den kleinen Sternhaufen oder Planetarischen Nebel, den Sie gerade suchen, einfach übersehen. Deshalb bevorzuge ich – nach einigem Ausprobieren – Feldstecher mit zehnfacher (statt siebenfacher) Vergrößerung für das Auffinden von Objekten.

Ferngläser mit zehnfacher Vergrößerung gibt es mit Feldern von 5 Grad bis 6,5 Grad. Diese Differenz erscheint gering. Sie sollten aber bedenken, dass ein Feld von 6,5 Grad 69 Prozent mehr Himmel zeigt als eines von 5 Grad! Und dies ist am Nachthimmel durchaus entscheidend. Beachten Sie aber bitte auch, dass das wirkliche Gesichtsfeld oft kleiner ausfällt als das vom Hersteller angegebene. Wenn Sie es selbst ausmessen möchten, sollten Sie den Feldstecher auf ein Stativ montieren und die Zeit messen, die ein Stern braucht, um von einem Rand des Bildausschnittes zum anderen zu laufen. Am einfachsten ist es, wenn man einen Stern nahe des Meridians wählt; dieser durchläuft das Feld fast horizontal. Der Durchmesser des Felds (in Grad) ergibt sich dann aus dem Quotienten der Zeit (Sekunden) und dem Cosinus der Sterndeklination multipliziert mit 240.

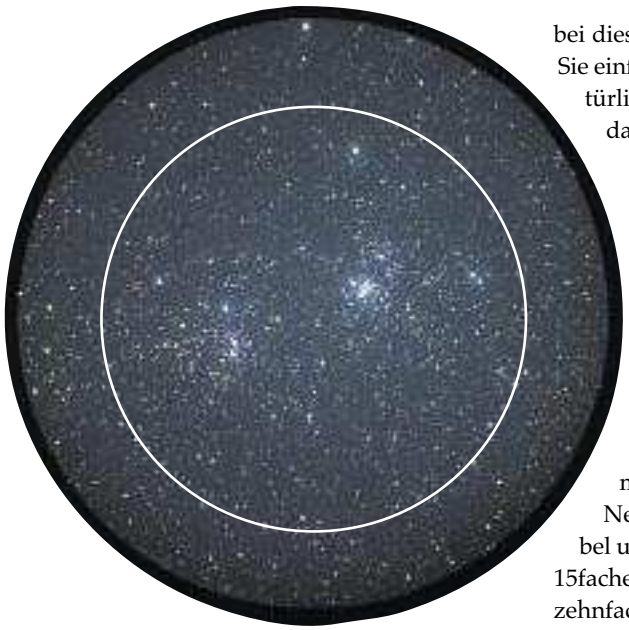
Die Deklination »δ« bezeichnet den Winkel zwischen dem Stern und dem Himmelsäquator. Man kann sie sich als geografische Breite an der Himmelskugel vorstellen.

Begrenztes Gesichtsfeld

Wie groß kann das Gesichtsfeld maximal werden? Wie viel Himmel kann ich also in meinem Instrument sehen? Sicher gibt es eine praktische Grenze. Das maximale Gesichtsfeld (in Grad) mal der Vergrößerung kann nicht mehr als den Faktor 65 betragen. Beispielsweise hat ein Fernglas mit zehnfacher Vergrößerung ein maximales Sehfeld von 6,5 Grad, während eines mit 15facher Vergrößerung nur ein Feld von 4,3 Grad erreicht. Beides sind Instrumente mit einem Eigengesichtsfeld von 65 Grad, wobei solche Instrumente oft als »Weitwinkel« bezeichnet werden. Das Eigengesichtsfeld ist das Gesichtsfeld der Okularlinse ohne davorliegende Optik. Standardmodelle haben ein Eigengesichtsfeld von 50 Grad (siehe Abbildung Seite 78).

Einer meiner Freunde hat einen 7×50er Feldstecher mit der Angabe 114 m / 1000 m. Nach der vorhin beschriebenen Umrechnung umfasst das Gesichtsfeld damit 7,2 Grad. Und das ist entschieden weniger als das theoretische Maximum von 9,3 Grad, das sich aus der oben beschriebenen Formel ergibt.

Wenn ich die Okulare von Ferngläsern schon einmal erwähne, möchte ich auch kurz auf den sonst wenig beachteten Aspekt des Augenabstands eingehen. Damit ist der Abstand des Auges von der Okularlinse gemeint. Bei den meisten Ferngläsern umhüllen ihn schwarze Gummilaschen. Aber wussten Sie, dass Sie das gesamte Gesichtsfeld nur dann überblicken können, wenn Ihre Augen einen ganz bestimmten Abstand >



AKIRA FUJII

Der simulierte Anblick des berühmten Doppelsternhaufens h & χ (chi) im Sternbild Perseus für zwei Feldstecher mit gleicher Vergrößerung, aber unterschiedlichen Eigengesichtsfeldern. Der weiße Kreis gibt das Feld eines 50°-Instruments wieder, während der äußere Kreis das eines 65°-Feldstechers darstellt.

> zu den Linsen einnehmen? Für Brillenträger zum Beispiel ist ein großer Augenabstand sehr wichtig. Ob der Augenabstand weit genug ist, testen Sie, indem Sie durch das Glas schauen und prüfen, bei welcher Augenposition das gesamte Sehfeld des Fernglases überschaubar ist. Übrigens habe ich festgestellt, dass Feldstecher, die tagsüber einen etwas zu kurzen Augenabstand haben, nachts, wenn sich meine Pupillen geweitet haben, eventuell gerade richtig für mich sind. Ungefähr die Hälfte aller Ferngläser, die angeblich über einen großen Augenabstand verfügen, sind leider für Brillenträger wie mich unbrauchbar.

Doch auch Gläser mit optimalem Augenabstand können ihre Tücken haben. Manche sind nämlich nur schwer zu benutzen. Bei ihnen scheint es so, als müssten die Augen an genau einer Position stehen. Dieser Eindruck beruht auf dem so genannten Kidneybohneneffekt – einem Phänomen, das vom Design des Okulars abhängt. Es ist nachts störender als tagsüber, und manche Beobachter beeinträchtigt es mehr als andere. Wenn Sie sich einen Feldstecher aussuchen und dabei dieses Problem empfinden – nehmen Sie einfach ein anderes Modell! Denn natürlich ist »Erst testen, dann kaufen« das richtige Einkaufsmotto.

Auch wenn große Gesichtsfelder wichtig sind – sobald es um die eigentliche Beobachtung geht, ist natürlich die Vergrößerung das entscheidende Kriterium. Dafür habe ich das bereits erwähnte zweite, stark vergrößernde Fernglas. Dieser 15×45er lässt alle zehnfach vergrößernden Feldstecher – sogar mein 10×70er – weit hinter sich. Neblige Objekte wie Kometen, Nebel und Galaxien beeindrucken Sie bei 15facher Vergrößerung viel mehr als bei zehnfacher. Durch die stärkere Vergrößerung wird der Himmelshintergrund verdunkelt und die feinen Details des Objekts treten in Erscheinung. Diese sind in schwächeren Instrumenten oft kaum erkennbar. Allerdings gibt es ein Problem bei Geräten hoher Vergrößerung: Zur ungestörten Beobachtung benötigen Sie hier unbedingt ein gutes Stativ.

Ich habe inzwischen viele verschiedene Feldstecher unterschiedlicher Objektivdurchmesser und Vergrößerungen miteinander verglichen. Das Ergebnis ist, dass Instrumente mit größeren Öffnungen zwar viel mehr Licht sammeln, der Unterschied im Bild aber überraschend klein ausfällt.

Schon andere haben versucht, eine Möglichkeit zum Vergleich von Ferngläsern unterschiedlicher Öffnungen und Vergrößerungen zu formulieren. Zwei der bekannteren Leistungsangaben für Feldstecher sind der so genannte Sichtbarkeitsfaktor von Roy Bishop (jährlich veröffentlicht im Beobachterhandbuch der kanadischen Royal Astronomical Society of Canada (RASC), und die »Dämmerungszahl«, die die Firma Zeiss entwickelt hat. Beide Indizes gewichten sowohl die Vergrößerung als auch den Objektivdurchmesser gleich; daher hat bei beiden ein 7×50er Modell denselben Wert wie ein 14×25er.

Beim Beobachten von Deep-Sky-Objekten habe ich nach jahrelangen Vergleichen von Instrumenten einen alternativen Leistungs- oder Astro-Index entwickelt. Dieser Index legt eine größere Gewichtung auf die Vergrößerung und gibt dadurch einen besseren Indikator für die Sichtbarkeit von Details in Sternhaufen und Nebeln für verschiedene Feldstecher. Er errechnet sich aus Vergrößerung mal der Wurzel des Objektivdurchmessers.

Wie Sie sehen, erreichen Instrumente mit relativ großen Unterschieden im Ob-

Fernglas	Astro-Index
7×50	49
9×63	71
10×40	63
10×50	71
10×70	84
15×45	101
15×63	119
15×70	126
18×50	127

Die Größe der Ausgangspupillen (die kleinen Lichtflecken, die hinter den Okularen zu sehen sind) werden durch die Vergrößerung des Feldstechers und den Linsendurchmesser bestimmt. Wenn die Ausgangspupillen größer sind als die Pupillen des Beobachters, verhält sich der Feldstecher wie ein kleineres Instrument gleicher Vergrößerung. Der Durchblick wird aber bequemer.

S&T / CRAIG MICHAEL UTTER

FOTOS DIESER SEITE: MIT FREUNDLICHER GENEHMIGUNG VON ISAAC KIKAWADA

Alan Adler favorisiert dieses selbst gebaute Feldstecherstativ, das er als seinen »natürlichen Dreharm« bezeichnet. Bemerkenswert ist der kurze Arm, der den Balken mit dem Kopf des Dreibeins verbindet. Dieser erlaubt es dem Beobachter, sich in seinen Stuhl zurückzulehnen und das Glas direkt an die Augen zu ziehen.

Feldstecher ohne Stativadapter fixiert Adler auf einer quadratischen Aluminiumplatte, die mit einem Gewinde zur Befestigung auf einem Stativ versehen ist. Klettverschlussbänder halten das Instrument auf der Platte. Auf deren Oberseite sind zudem zwei Gummistreifen angebracht, die das Verrutschen des Fernglases verhindern.

jektivdurchmesser den gleichen Index-Wert. Beispielsweise erreichen sowohl ein 9×63er als auch ein 10×50er Modell den Wert 71. Stellen sie einmal anhand einiger Messier-Objekte eigene Vergleiche an! Es würde mich wundern, wenn Sie meinen Index nicht als sinnvoll bestätigen könnten!

Der größte Vorteil einer weiten Objektlinse ist meines Erachtens nicht das hellere Bild, sondern die größere Ausgangspupille (siehe Bild Seite 78). Deren Größe ergibt sich aus dem Objektivdurchmesser geteilt durch die Vergrößerung. Erst wenn sie wesentlich kleiner ist als die Pupille des Auges, wird die Position der Augen kritisch. Indem ich ein Blitzlichtfoto meines Gesichts aufgenommen habe, während ich in einem abgedunkelten Raum saß und mir ein Lineal an die Wange hielt, habe ich meine an das Dunkel angepasste Pupille auf genau 6,5 Millimeter bestimmt. Wenn Sie diese Messung selbst machen, vergessen sie bitte nicht, die Vorblitzfunktion ihrer Kamera auszuschalten!

Leider haben Instrumente mit großen Öffnungen in der Regel ein kleineres Gesichtsfeld. So gibt es wenige Feldstecher mit einer Öffnung von 70 Millimeter und einem Feld von mehr als 5,3 Grad. Wie bei vielen anderen Entscheidungen bei der Wahl des für Sie richtigen Equipments, müssen Sie also auch hier Kompromisse eingehen.

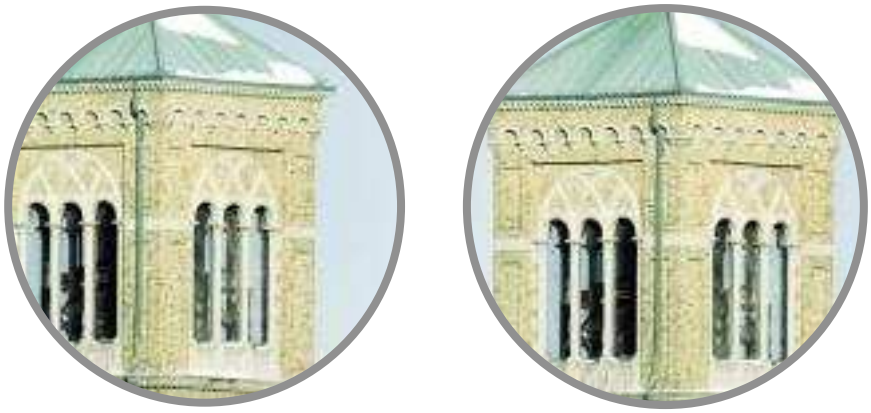
Ausrichtung gegen Kopfschmerz

Bekanntlich bestehen Feldstecher aus zwei baugleichen Teleskopen – für jedes Auge eines. Damit Sie Freude an ihnen haben, sollte jedes der Teleskope optimal auf das andere ausgerichtet sein. Das heißt, beide sollten ein und denselben beobachteten Bildpunkt an der exakt gleichen Position zeigen. Ist dies nicht der Fall, wird die Zusammenführung der beiden Bilder im Gehirn erschwert. Und die Folgen bekommen Sie zu spüren: Denn nicht selten kommt es bei fehlerhafter Ausrichtung zu Augenermüdung und Kopfschmerzen. Und das Bild, das Sie erhalten, ist natürlich ohnehin schlecht. Ich habe sogar festgestellt, dass meine Augen im Dunkeln auf Ausrichtungsfehler stärker reagieren als bei Tageslicht. Nachts verursachen schon relativ kleine Fehler eine merkbare Schwächung der Leistung.

Es gibt einen einfachen und verlässlichen Test, wie Sie die Ausrichtung Ihres Instruments überprüfen können. Stellen Sie das Fernglas bei Tag standfest auf (zum Beispiel auf einem Stativ) und sehen Sie sich ein entferntes Gebäude an! Bringen Sie eine Kante des Bauwerks mit einer Kante des Gesichtsfeldes in Übereinstimmung. Ist das Gebäude in beiden Hälften des Feldes an gleicher Position? Als Nächstes überprüfen Sie die vertikale Ausrichtung, indem Sie das Ziel auf die obere oder untere Kante des Gesichtsfelds ausrichten. Dieser Test ist auch nachts mit einem Stern möglich, vorzugsweise mit dem Polarstern.

Sollte Ihr Feldstecher bei diesen Tests Mängel an den Tag legen, muss er überprüft werden. Auch wenn erfahrene Benutzer manche Instrumente selbst ausrichten können – es ist sicher ratsam, die Justierung einem Experten zu überlassen!

Egal welches Fernglas Sie besitzen – damit es seine Höchstleistung erbringen kann, muss es ruhig gehalten werden. Es ist erstaunlich, wie schon geringes Wackeln die Sicht erheblich beeinträchtigt. Deshalb ist das wichtigste Zubehör für den Fernglasbeobachter ein Stuhl mit Rückenlehne. Denn in einem solchen Stuhl – oder einer Gartenliege – >



DENNIS DI CICCO

Die Ausrichtung Ihres Feldstechers können Sie schnell testen, indem Sie die beiden Bilder der Fernglashälften miteinander vergleichen. Überprüfen Sie, ob Bildverlagerungen sichtbar werden. In dieser Abbildung zeigt der Test der horizontalen Ausrichtung, dass das fragliche Instrument die beiden Hälften nicht gut angleicht, denn im linken Bild erscheint der Turm nach links verrückt.

> können Sie viel ruhiger beobachten als im Stehen. Zudem belasten Sie Ihr Genick weniger. Ich persönlich habe einen einfachen handelsüblichen Klappstuhl so umgebaut, dass die Armablage speziell für die Feldstecherastronomie erhöht ist.

Halterung obligatorisch

Als Nächstes brauchen Sie irgendeine Form von Halterung für Ihr Instrument. Die meisten Beobachter merken ziemlich schnell, dass ein Fernglas auf einem einfachen Dreibein ihnen garantiert Genickschmerzen beschert. Zwar gibt es brauchbare Stative für Feldstecher, aber genauso gut können Sie sich selbst eines bauen.

Die ideale Halterung für ein Fernglas lässt sich leicht in jede Richtung bewegen, sollte aber stehen bleiben, wenn man sie loslässt. Nachdem ich etliche solcher Geräte selbst konstruiert habe, ist mein Favorit mein »natürlicher Dreharm« (siehe Bilder Seite 79). Mit ihm benötige ich kein Parallelogramm, um die Okulare gerade zu halten. Und mein Feldstecher zeigt stets automatisch in die Richtung, in die ich schaue. Der kurze seitliche Balken (oben auf dem Dreibein) dreht sich leicht, sodass ich mich in meinem Stuhl zurücklehnen und das Gerät trotzdem ganz nah an meine Augen ziehen kann.

Auch die Technik kommt den Feldstecherastronomen zur Hilfe: in Form der elektronischen Bildstabilisierung. Ich benutze jetzt seit einigen Jahren die bildstabilisierten 15×45er und 18×50er der Firma Canon und finde die Ansicht meiner Lieblingsobjekte damit einfach sensationell! Die Baureihe der stabilisierten Ferngläser von Canon ist für ihre exzellente Optik und flachen Felder zu Recht hoch gelobt worden. Am Tag ist die Stabilisierung perfekt. In der Nacht allerdings benötigen auch diese Gläser auf Grund der längeren Reaktionszeit der Augennetzhaut ein bisschen Unterstützung.

Mein T-Stativ und mein Klappstuhl sind hier meine erste Wahl. In dieser Kombination erfüllt mein bildstabilisierter 18×50-Feldstecher seine Zwecke allerdings auch nicht besser als mein 15×70er auf meinem Dreharmstativ.

So – ich hoffe, Sie sind jetzt überzeugt. Wenn Sie die Feldstecherastronomie allerdings immer noch nicht so richtig ernst nehmen wollen, dann verpassen Sie wirklich eine der lohnendsten Beobachtungstechniken überhaupt. Nehmen sie einen geeigneten Stuhl und verlieren Sie sich in der Schönheit des Nachthimmels – mit beiden Augen! <<

Alan Adler ist ein passionierter Himmelsbeobachter, Erfinder und Teleskopbauer. Er schreibt regelmäßig für ASTRONOMIE HEUTE.

Einige Mythen über Ferngläser

> Die besten Ferngläser sind 7×50er.
Die Standard-7×50er wurden ursprünglich für den Gebrauch in der Schifffahrt entwickelt. Ihre kleine Vergrößerung – und damit ihre große Ausgangspupille – ist sehr hilfreich auf einer schwankenden Plattform, ich benutze sie daher auch durchaus gern auf meinem eigenen Boot. Doch selbst wenn Sie das Beobachten mit solchen 7×50ern mögen – probieren Sie mal ein 10×50er aus! Sie werden ihn sicher bevorzugen!

> Am besten geeignet für astronomisches Beobachten sind Feldstecher mit Porro-Prismen.
Sehr oft ist zu lesen, dass Modelle mit Porro-Prismen schärfere und hellere Bilder haben als Instrumente mit Dachkant-Prismen. Ich habe Dutzende Modelle getestet, konnte aber keine Verbindung zwischen Bildqualität und Prismentyp feststellen. Weil Modelle mit Dachkant-Prismen in der Regel kleiner sind, kann man sie viel ruhiger in der Hand halten.

> Größtmögliche Lichtdurchlässigkeit ist für astronomische Zwecke entscheidend.
Vor einigen Jahren führte ich Experimente zur Bildhelligkeit durch. Dabei habe ich Öffnungsmasken vor mein 70-Millimeter-Teleskop gehalten, während ich M7 und M8 beobachtete. Dabei stellte ich fest, dass die Ausleuchtung um mehr als 50 Prozent sinken muss, bevor man überhaupt etwas davon bemerkt. Die Unterschiede in der Lichttransmission bei Feldstechern durch Überzüge, Glastypen und Design sind sogar noch deutlich geringer. Eigentlich sind sie gar nicht feststellbar.

> Man benötigt ein Fernglas mit einem Stativ-Adapter.
Zugegeben: Einen zu haben ist nett, aber sicher nicht unbedingt notwendig. Mein 10×56er, das ich für astronomische Beobachtungen bevorzuge, hat beispielsweise keinen. Meistens montiere ich es wie beschrieben auf mein T-Stativ. Einen Adapter brauchen Sie nur dann, wenn Sie Ihr Fernglas auf ein Dreibein montieren wollen. Wie wir bereits gesehen haben, ist das aber keine gute Idee, um Astronomie zu betreiben. Lassen Sie sich also nicht ein gutes Fernglas ausreden, nur weil es keinen Adapter hat!

Neue Produkte gibt es in der Astronomie wie Sand am Meer. Doch welche sind ihr Geld wert? ASTRONOMIE HEUTE stellt Ihnen in dieser Rubrik regelmäßig einige ausgewählte Highlights vor.

Schweres Geschütz

Intercon Spacetec Galaxy D10

Viel Öffnung für wenig Geld – wo gibt es das heute noch bei hervorragender optischer und mechanischer Qualität? Das Galaxy D10 gibt es neben der bewährten Ausführung mit Pyrex-Spiegel auch mit einem Hauptspiegel aus BK-7. Die Ausstattung: Montierung, Okularablage, 8 × 50-Sucher, 2-Zoll-Okularauszug (plus 1,25-Zoll-Adapter) Justierokular, Mondfilter, zwei Plössl-Okulare (32 mm, 9 mm) sowie ein ausführliches deutsches Handbuch. Preis: 748 – 948 €. www.astro-markt.de

Astrobilder im TV

Meade Electronic Eyepiece

Sie wollten schon immer mal ihre Lieblingsobjekte am Bildschirm bewundern? Mit dem Electronic Eyepiece von Meade ist das jetzt kein Problem mehr. Die in dem Okular eingebaute Schwarz-Weiß-Kamera (320 × 240 Pixel) lässt sich mit Hilfe eines Kabels ganz einfach an jeden Fernseher mit Videoeingang, Videorecorder oder Camcorder anschließen. Gespeist wird das Ganze von einer 9-Volt-Blockbatterie. Nur noch mit dem Drehrad den Kontrast einstellen. Preis: 86 €. www.meade.de

Revolutionär

Tele Vue Nagler Zoom Okular 3-6 mm

Tele Vue bietet das erste Zoom-Okular an, dessen Abbildungsleistung sich mit dem der besten Okulare fester Brennweite messen kann. Ideal, wenn man mal ein Objekt bei 600facher Vergrößerung verlieren sollte: Einfach auf 300fach runterzoomen, Objekt zentrieren und wieder hochzoomen. Gleichbleibend 50 Grad großes Gesichtsfeld. Raststufen: 3, 4, 5 und 6 mm. Mit 10 Millimeter Pupillenabstand ist der Einblick für Brillenträger jedoch ungeeignet. Preis: 525 €. www.astro-markt.de

Neuer Standard

Meade LXD55 Serie

Eine gute Montierung ist schon die halbe Miete. Unter diesem Gesichtspunkt setzen die neuen Meade-Teleskope der Reihe LXD55 mit ihrer stabilen Deutschen Montierung neue Standards im Einsteigersegment. In der nächsten Ausgabe von ASTRONOMIE HEUTE finden Sie dazu einen ausführlichen Test. Jetzt sei schon so viel verraten: Die neue Reihe besteht aus drei Schmidt-Newton-Teleskopen mit Öffnungen von 15, 20 und 25 Zentimeter sowie zwei Refraktoren mit 12,5 und 15 Zentimeter Durchmesser. Auch ein 20-Zentimeter-Schmidt-Cassegrain-Teleskop ist verfügbar. Die Preise liegen zwischen 1500 und 2500 €. www.meade.de

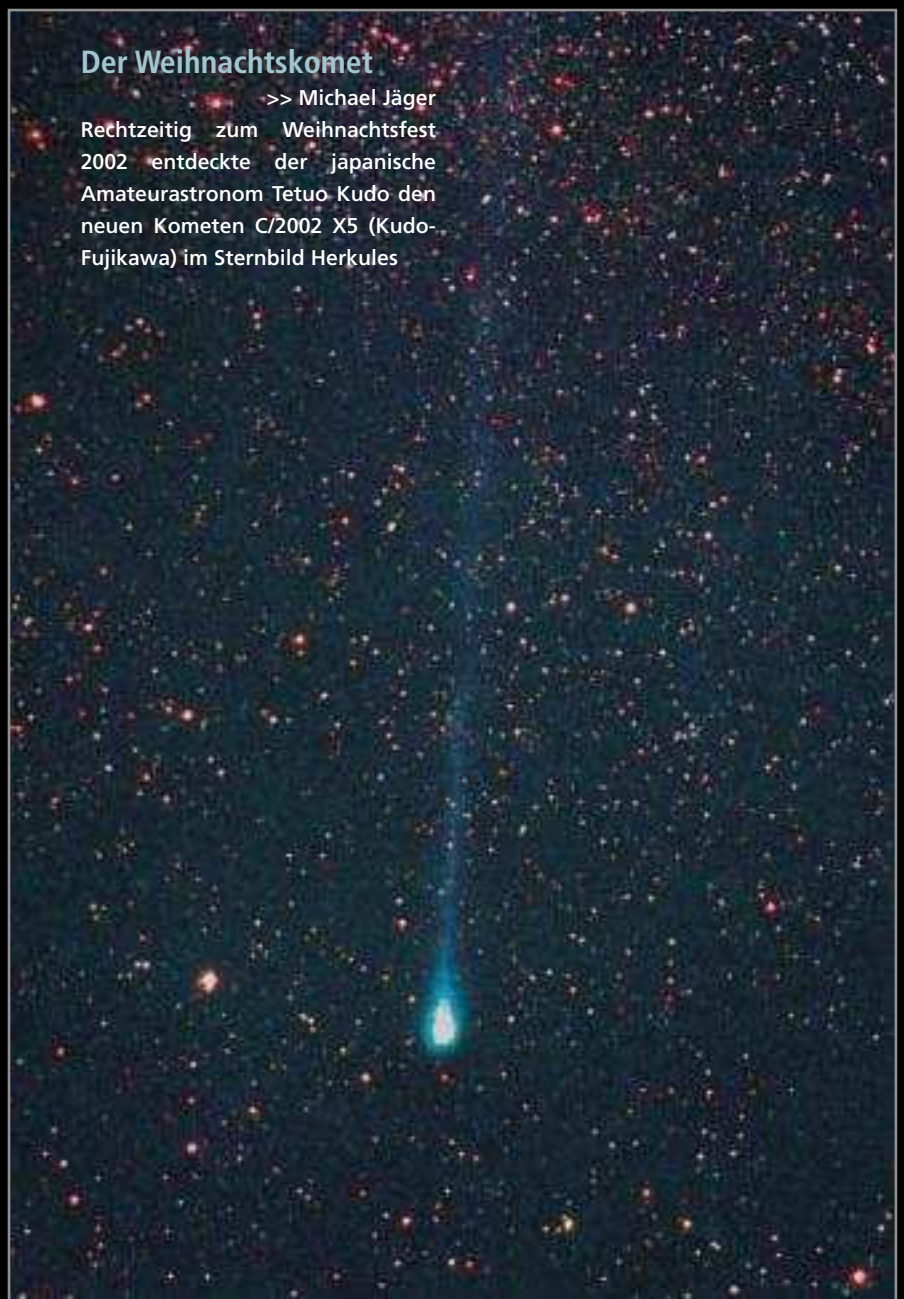
Selbstläufer

NexStar 5i und 8i

Die neuen NexStar-Teleskope von Celestron gibt es in den zwei Ausführungen 5 Zoll (12,7 cm) und 8 Zoll (20,3 cm). Mit dem neuen Handcontroller entfällt die leidige Dateneingabe: Einfach ein Objekt in die Mitte des Gesichtsfelds stellen und mit den Handtasten zwei Minuten lang verfolgen. Das NexStar merkt sich die Korrekturen und verfolgt das Ziel selbstständig weiter. Das Öffnungsverhältnis beträgt bei beiden Teleskopen f/10. Preis: 1690 € (5i), 2190 € (8i). www.celestron.de

GLANZLICHTER

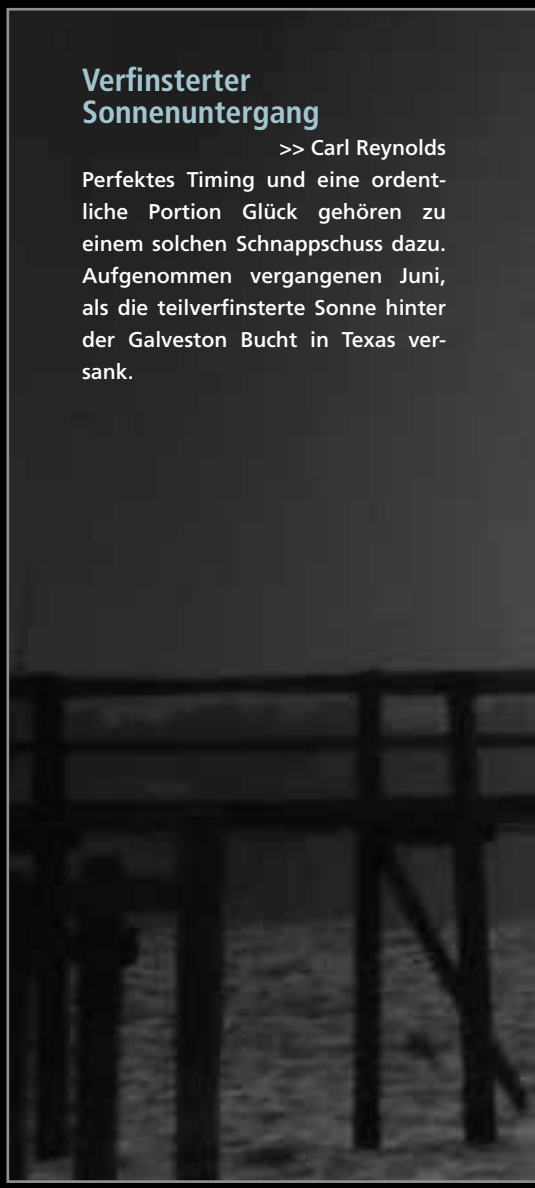
Was gibt es Schöneres, als die Wunder des Himmels auf Film oder mit Digitalkameras für die Nachwelt zu verewigen. Glanzlichter sind besondere Augenblicke von unvergesslicher Ästhetik. Wir laden Sie ein, uns Ihre beste Aufnahme zu schicken und zu berichten, wie Ihnen das Bild geglückt ist.



Der Weihnachtskomet

>> Michael Jäger

Rechtzeitig zum Weihnachtsfest 2002 entdeckte der japanische Amateurastronom Tetuo Kudo den neuen Kometen C/2002 X5 (Kudo-Fujikawa) im Sternbild Herkules



Verfinsterter Sonnenuntergang

>> Carl Reynolds

Perfektes Timing und eine ordentliche Portion Glück gehören zu einem solchen Schnappschuss dazu. Aufgenommen vergangenen Juni, als die teilverfinsterte Sonne hinter der Galveston Bucht in Texas versank.

Herr der Ringe

>> Wesley Higgins

Den ringgeschmückten Saturn erwischte Wesley Higgins am 5. November 2001.

Schwarze Sonne über Afrika

>> Daniel Fischer

Auf dieser Aufnahme der totalen Sonnenfinsternis vom 4.12.2002 sind die innere Korona sowie einige Protuberanzen am Rand der Sonne sichtbar.

M13 im Sternbild Herkules

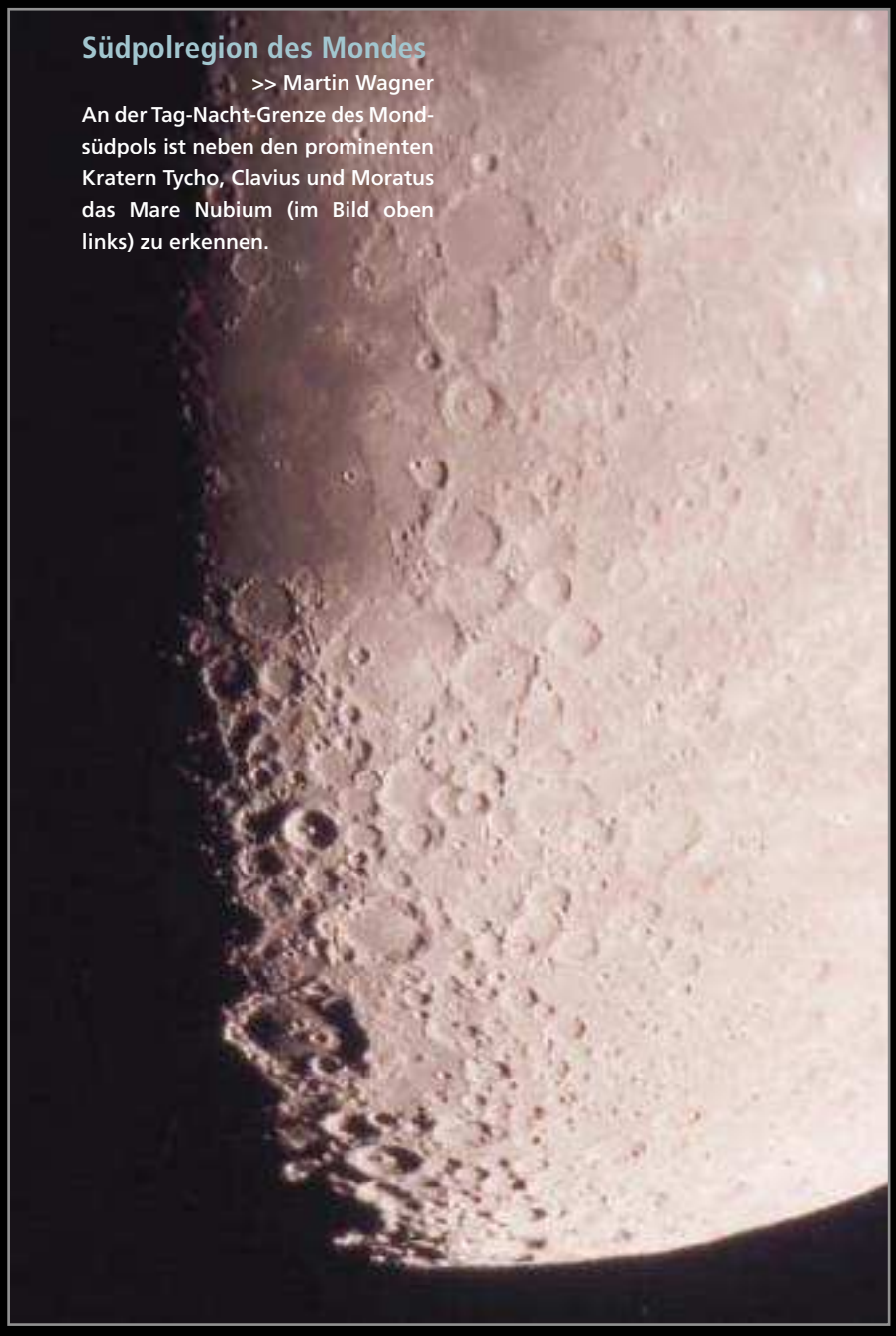
>> Wesley Higgins

Ein Porträt des mit rund 300 000 Sternen hellsten Kugelsternhaufens am Nordhimmel

Südpolregion des Mondes

>> Martin Wagner

An der Tag-Nacht-Grenze des Mondsüdpols ist neben den prominenten Kratern Tycho, Clavius und Moratus das Mare Nubium (im Bild oben links) zu erkennen.



M16 – der Adlernebel

>> Johannes Schedler

Dieser Emissionsnebel im Sternbild Schlange umgibt einen unregelmäßig geformten Sternhaufen in rund 8000 Lichtjahren Entfernung.

M 42 – Orionnebel

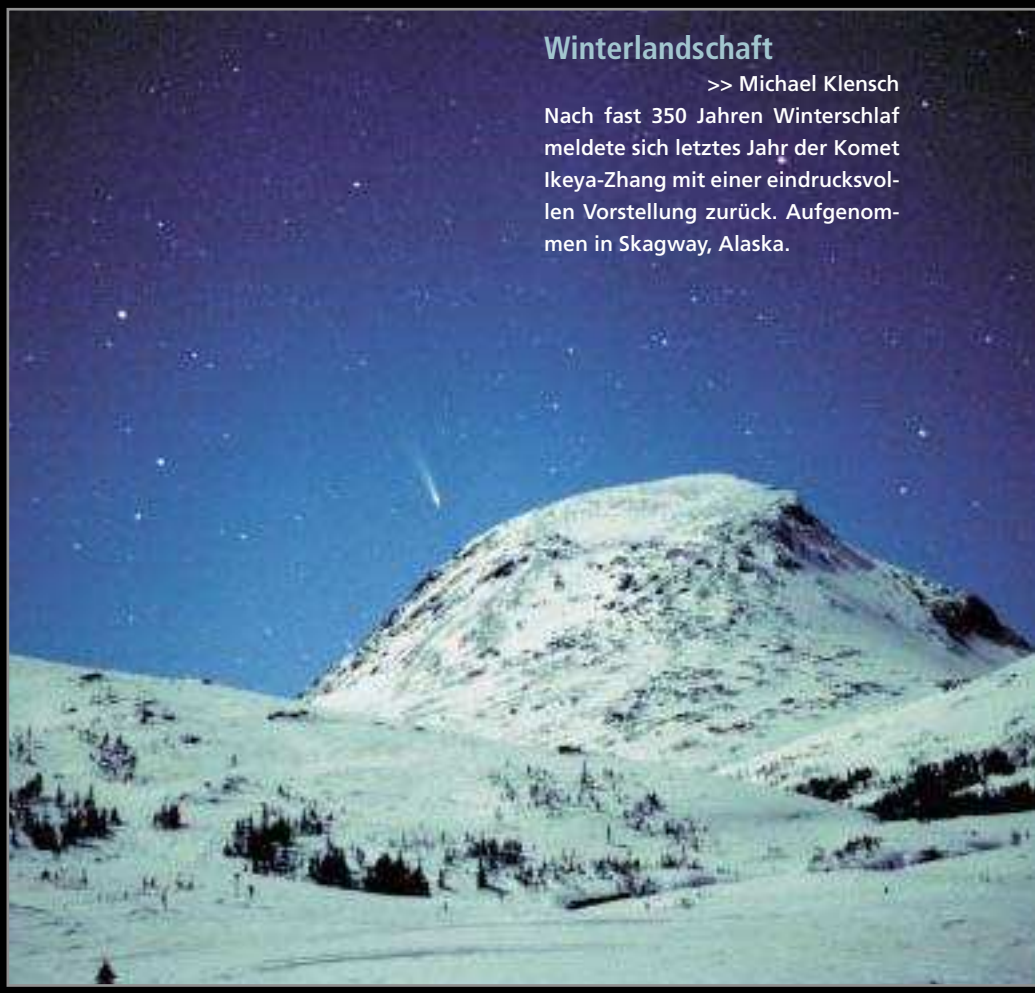
>> Johannes Schedler

Eine spektakuläre Kombination mehrerer Aufnahmen des berühmten Nebels führte zu diesem tollen Ergebnis.

Winterlandschaft

>> Michael Klensch

Nach fast 350 Jahren Winterschlaf meldete sich letztes Jahr der Komet Ikeya-Zhang mit einer eindrucksvollen Vorstellung zurück. Aufgenommen in Skagway, Alaska.



Bildlegenden

Der Weihnachtskomet: Aufnahmedatum: 12.01.2003; Belichtungszeit: 2 x 4 Minuten auf Ektachrome 100 S und TP-Hypersensibilisierung mit der SC 250/450.

Herr der Ringe: Olympus C-2100 an einem Starmaster-18-Zoll-Dobsonian mit 30-mm-Ultima-Okular. 15 Aufnahmen à 1/10 Sekunde wurden mit AstroStack und Paint Shop Pro 7 nachbearbeitet.

Verfinsterter Sonnenuntergang: Celestron-6-cm-NexStar-Refraktor mit 20-mm-Okular und Canon PowerShot S100 ELPH.

Schwarze Sonne über Afrika: Aufnahmedatum: 4.12.2002; 500-mm-Teleobjektiv auf Fujichrome 100.

M13: Nikon Coolpix 995 an einem 18-Zoll (45,7 cm)-Dobson-Teleskop mit Tele Vue 27-mm Panoptic Okular. Belichtungszeit: 18 Sekunden. Der Kontrast wurde mit ImagesPlus gesteigert.

Südpol des Mondes: 10-Zoll(25 cm)-Reflektor mit 2fach-Konverter. Effektive Brennweite dieser Aufnahme: 5,2 Meter.

M16: Canon EOS-D60-Kamera bei ISO 800 an einem 11-Zoll(28 cm)-Schmidt-Cassegrain-Teleskop. Zehn Belichtungen à 120 Sekunden wurden mit Photoshop nachbearbeitet.

Orion: Zehn 60-Sekunden-Belichtungen an einem 4-Zoll(10 cm)-Refraktor (f/9,2). Weitere Detailaufnahmen mit einem 11-Zoll(28 cm)-Schmidt-Cassegrain-Teleskop ergänzen die Aufnahme.

Winterlandschaft: Minolta SRT-101 mit 50-mm-Objektiv (f/1,7); Belichtungszeit: 12 Sekunden auf Fuji Superia 800.

Machen Sie mit: Schicken Sie uns Ihre »Glanzlichter«. Aus allen Einsendungen wählen wir die schönsten aus und veröffentlichen sie im Heft.

Adresse:
Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH
Redaktion ASTRONOMIE HEUTE
Postfach 104840
69038 Heidelberg
E-Mail: ah@spektrum.de

Die richtige Kamera für die Kleinbild-Astrofotografie

Sind Sie gerade auf der Suche nach einer geeigneten Kamera für die Astrofotografie? Diese Anleitung sagt Ihnen, auf was Sie achten sollten.

>> Michael A. Covington

Kleinbild-Spiegelreflexkameras, auch 35-Millimeter- oder »Single Lens Reflex«-Kameras (SLRs) genannt, sind zweifellos die beste Wahl für die große Mehrheit der Astrofotografen. Unübertroffen in der Kombination aus geringem Preis, Vielseitigkeit, Einfachheit und nicht zuletzt auf Grund der großen Auswahl an hierfür erhältlichen Filmen und Zubehör haben sie sich in den letzten Jahren eine starke Marktstellung erobert. Markenzeichen aller Spiegelreflexkameras ist ein umklappbarer Spiegel, der es gestattet, durch ein und dieselbe Linse das Bild zu betrachten, zu fokussieren und schließlich auch auf Film zu bannen. Im Sucher einer Spiegelreflexkamera sieht man also immer genau das, was später auf dem Bild ist. Das gilt auch dann, wenn die Kamera mit Teleskopen, Mikroskopen oder anderen optischen Geräten gekoppelt wird.

Die Skizze auf der gegenüberliegenden Seite (linke Grafik) zeigt, wie eine SLR-Kamera funktioniert: Der Film liegt direkt hinter dem Verschluss flach an der Rückwand des Kameragehäuses. Vor dem Verschluss befindet sich ein ebener Spiegel, der die Lichtstrahlen des Bildes auf eine Mattscheibe lenkt. Diese wird mit Hilfe eines Fünfkant-Prismas (Penta-Prisma) durch den Sucher der Kamera betrachtet. In dem Moment, wo der Auslöser gedrückt wird, klappt der Spiegel nach oben, der Verschluss öffnet sich und der Film wird belichtet.

Heutzutage sind idiotensichere 35-Millimeter-Kompaktkameras und so genannte Advanced-Photo-System (APS)-Kameras sehr viel weiter verbreitet. Beide Systeme sind jedoch auf Grund ihrer nicht abschaltbaren Automatik für die Astrofotografie grundsätzlich nicht geeignet.

Die heute aktuellen Spiegelreflex-Modelle sind aber nicht unbedingt auch die geeignetsten für die Himmelsfotografie: Denn in dem Maße, in dem Kameras für das normale Fotografieren automatisiert wurden, verloren sie gleichzeitig ihre Fähigkeit, den Nachthimmel abzulichten. Automatische Kameras, das heißt solche mit elektronischem Autofokus, automatischer Belichtungsmessung und Belichtungskorrektur können zwar bei Tageslicht eine Menge – für die Astrofotografie sind sie jedoch denkbar ungeeignet. Hier sind Kameras mit komplett manuellen Einstellmöglichkeiten im Vorteil.

Als Mindestvoraussetzung für Langzeitbelichtungen von einigen Minuten bis zu mehr als einer Stunde sollte es beispielsweise möglich sein, den Verschluss beliebig lange offen zu halten (»B«-Einstellung). Auch der Anschluss eines

Die Kleinbild-Spiegelreflexkamera steht bei Hobby-Astrofotografen wegen ihrer Vielseitigkeit seit langem hoch im Kurs. Das hier abgedruckte Bild des Lagunennebels M8 im Sternbild Schütze wurde vom kalifornischen Astrofotografen Michael Stecker mit einer Nikon F2 aufgenommen. Hierzu wurden zwei 30-minütige Belichtungen mit einem 6-Zoll-Refraktor (f/7) der Firma Astro-Physics auf Fujicolor-800-Plus-Film in der Dunkelkammer übereinander kopiert. In dem etwa ein Grad messenden Bildausschnitt ist Norden oben.

MICHAEL STECKER

Drahtauslösers ist für die Astrofotografie unabdingbar. Dieser minimiert nicht nur die Erschütterungen beim Öffnen des Verschlusses, die für das »Verwackeln« eines Bildes verantwortlich sind, sondern hält auch den Verschluss der Kamera während einer Langzeitbelichtung geöffnet.

Neuere Spiegelreflexkameras benötigen Strom, um den Verschluss zu öffnen. Ältere Modelle verfügen dagegen noch über mechanische Verschlüsse. Der Unterschied ist wichtig, da der Stromverbrauch bei einer Langzeitbelichtung den Batterien – besonders bei kaltem Wetter – schnell den Garaus machen kann. Ältere Modelle, deren Verschluss ohne Batterien funktioniert, sind hier im Vorteil. Um zu überprüfen, ob Ihre Kamera dazu gehört, versuchen Sie einfach einmal, den Auslöser ohne eingelegte Batterie zu betätigen. Löst der Verschluss aus, so sind Astroaufnahmen auch ohne Strom möglich. Doch selbst wenn Ihr Verschluss ohne Batteriestrom nicht funktionieren sollte, brauchen Sie nicht zu verzagen: Manchmal ist es billiger, sich Hochleistungsbatterien zuzulegen und diese dann bei jedem Filmwechsel auszutauschen, als sich gleich eine neue Kamera zu kaufen!

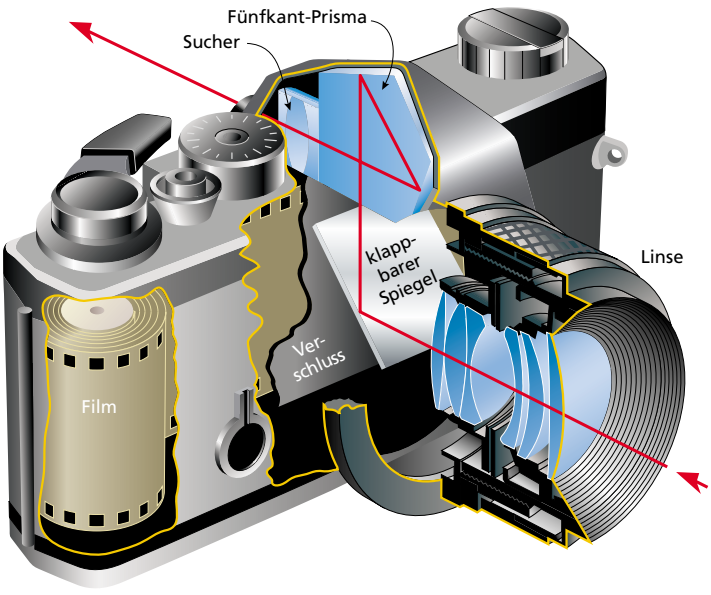
Wechsel-Objektive

Bei den meisten Spiegelreflexkameras können die Objektive ganz einfach gewechselt werden. Der große Vorteil: So ist es möglich, das Objektiv bei einer Deep-Sky-Fotografie abzunehmen und durch ein Teleobjektiv oder gar ein Teleskop zu ersetzen. Einige wenige SLR-Kameras – wie etwa die Olympus IS-1 – besitzen keine austauschbaren Objektive. Andere – unter ihnen einige frühe Modelle der Reihe Minolta Maxxums – funktionieren nicht ohne die im Objektiv befindlichen elektronischen Komponenten. Und wiederum andere, so zum Beispiel alte Exaktas und Mirandas, haben für ihre Linsen spezielle Befestigungssysteme, die moderne Objektive nicht zulassen. Daher sollten Sie von Anfang an auf einen Kameratyp zurückgreifen, für den noch eine ausreichend große Auswahl an Objektiven guter Qualität erhältlich ist.

Wünschenswert ist auch ein abnehmbarer Sucher (der »Höcker« oben auf der Kamera, in den man hineinschaut). Denn bei einem austauschbaren Sucher kann das standardmäßig vorhandene Penta-Prisma durch einen Vergrößerungssucher ersetzt werden. Dieser erlaubt es, direkt nach unten auf die Mattscheibe zu schauen, also auf die Fläche zwischen dem Spiegel und dem Fünfkant-Prisma, wo das Bild betrachtet und fokussiert wird. Solche Sucher vereinfachen das Scharfstellen ungemein, da sie ein viel helleres, vergrößertes Bild liefern. Auch gestatten sie dem Fotografen einen bequemeren Einblick, wenn die Kamera an ein Teleskop gekoppelt und gen Himmel gerichtet ist (siehe Bild Seite 90). Doch auch für Kameras mit fest eingebautem Sucher gibt es rechtwinklige Adapter, die an das Okular des Penta-Prismas angebracht werden können.

Sehr praktisch ist es, wenn sich bei Ihrer Kamera die Mattscheibe auswechseln lässt. Eine Standard-Mattscheibe be- >

Spiegelreflexkameras besitzen einen im 45°-Winkel montierten Spiegel, der es gestattet, das Objekt direkt durch das Objektiv oder aber durch ein Teleskop zu betrachten, zu fokussieren und aufzunehmen. Klassische SLR-Kameras (rechts) aus den 1970er Jahren eignen sich ideal für die Astrofotografie. Im Uhrzeigersinn von oben: die Mamiya/Sekor 500 DTL, die Nikkormat FTN und die Minolta SRT-101.



MIT FREUNDLICHER GENEHMIGUNG VON MICHAEL A. COVINGTON

> steht gewöhnlich aus einem rechteckigen Hintergrund mit einer in der Mitte befindlichen Fokussier-Hilfe (Mikro-Prisma oder Schnittbild-Indikator). Solche Sucherscheiben eignen sich zwar ganz gut für die gewöhnliche terrestrische Fotografie, sind aber bei äußerst lichtschwachen astronomischen Objekten und den hohen Blendenzahlen, die auftreten, wenn die Kamera an ein Teleskop gekoppelt ist, nicht optimal. Eine einfache, sehr fein mattierte Scheibe, wie zum Beispiel die »Beattie Intenscreen«, kann das Scharfstellen hier bedeutend erleichtern. Doch auch fest montierte Mattscheiben sind kein Beinbruch, denn viele neuere Kameras besitzen anstelle von Mikroprismen bereits fein mattierte Scheiben.

MICHAEL A. COVINGTON

MICHAEL A. COVINGTON

Einige Spiegelreflexsysteme sind mit einem Mechanismus zum Hochklappen oder vorzeitigen Auslösen des Spiegels ausgestattet. Dieser erlaubt es, den Spiegel vor der Belichtung mittels eines speziellen Hebels oder Knopfs von Hand hochzuklappen, und verhindert so, dass die mechanische Bewegung des Spiegels die Kamera während der Belichtung erschüttert. Spiegel-Vorauslösung dagegen bedeutet, dass der Spiegel einige Sekunden, bevor der Verschluss sich öffnet, hochklappt. Lange Zeit habe ich die Möglichkeit zum Hochklappen oder Vorauslösen des Spiegels für unverzichtbar gehalten. Inzwischen bin ich anderer Meinung. Meine Versuche haben gezeigt, dass bei modernen Kameras der Spiegel keine besonders starke Quelle von unerwünschten Erschütterungen darstellt. Denn sogar mit hochgeklapptem Spiegel gibt es immer noch Erschütterungen durch den Vorhang des Verschlusses, der das Bild verwaschen aussehen lassen kann. Um gute Ergebnisse zu erzielen, sollten Fotos durch das Fernrohr daher entweder mit Verschluss-Zeiten gemacht werden, die kurz genug sind, um die Erschütterungen »einzufrieren« (1/250 Sekunde oder kürzer), oder lang genug, um die »Hut-Methode« anwenden zu können.

Letztere bedeutet, dass Sie einen undurchsichtigen Karton (oder Ihren Hut) vor das Teleskop halten. Öffnen Sie dann den Verschluss und verriegeln Sie ihn mit einem Drahtauslöser. Nachdem die Erschütterungen abgeklungen sind, geben Sie den Strahlengang des Fernrohrs kurz für die Belichtung frei, ohne es dabei jedoch zu berühren. Am Ende der Belichtungszeit schwenken Sie den Karton wieder vor das Teleskop und schließen den Verschluss. Die kürzeste Belichtungszeit, die mir mittels »Hut-Methode« gelingt, liegt bei etwa 1/5 Sekunde.

Für die Astrofotografie braucht eine Kamera keine Belichtungsautomatik – ja noch nicht einmal einen Belichtungsmesser. Falls vorhanden, ist die Belichtungsautomatik zwar bei Mondfinsternissen oder bei der Detailfotografie von Mondlandschaften hilfreich, doch verlassen sollte man sich nicht auf sie.

Der Autofokus einer Kamera ist eine Eigenschaft des Objektivs, funktioniert folglich also nicht bei der Kopplung des Kameragehäuses mit einem Teleskop. Auch Autofokus-Apparate sind mit Skepsis zu betrachten. Oft sind sie nicht vollständig manuell einstellbar.

Weitere Eigenschaften, auf die Sie als Astrofotograf getrost verzichten können, sind ein motorischer Transport zum automatischen Vor- oder Rückspulen des Films sowie eine Daten-Rückwand zum Kennzeichnen eines jeden Bildes mit Datum und Uhrzeit.

Bei der Nikon F, F2, oder F3

kann der standardmäßige Sucher durch einen zusätzlich erhältlichen Vergrößerungssucher ersetzt werden. So liefert das DW-4-»Ofenrohr«-Okular an einem F3-Gehäuse ein sechsfach vergrößertes Bild, das sehr hilfreich ist (oben)

Bei Kameras mit fixem Sucher, wie zum Beispiel der Olympus OM-1, ist es möglich, den Olympus-Varimagni-Sucher an das Okular anzukoppeln. Damit erhält man ein vergrößertes Bild und einen bequemen 90°-Einblick.

Tipps für Käufer

»Welche Kamera soll ich also kaufen?«, werden Sie jetzt fragen. Dutzende von Spiegelreflex-Modellen sind für die Astrofotografie gut geeignet. Trotzdem rangieren einige Modelle ganz oben auf der Beliebtheitsskala erfahrener Astrofotografen: Die **Olympus OM-1** ist eine der besten Kameras für die Astrofotografie auf dem Markt – genauer, auf dem Gebrauchtmarkt. Hergestellt zwischen 1973 und 1987, hat diese kleine, leichte Kamera das Design revolutioniert, denn frühere Modelle waren bedeutend schwerer. Der Sucher der Olympus ist groß und hell und auch für Brillenträger recht angenehm zu benutzen. Die Kamera hat eine Spiegel-Arretierung, und ihr Verschluss erzeugt bemerkenswert geringe Erschütterungen. Für die Alltagsfotografie ist eine reiche Auswahl guter Objektive erhältlich. Die **OM-1 MD** und **OM-1N** sind übrigens baugleiche Versionen der OM-1. Die neuere **OM-3(T)** dagegen ist sehr viel teurer und hat weder Selbstauslöser noch Spiegel-Arretierung. Ich kann sie hier also nicht empfehlen.

Die **OM-2S (OM-2SP)** und die **OM-4** (später **OM-4T** oder **OM-4Ti**) ähneln der OM-1, sind aber mit einer zusätzlichen Belichtungsautomatik ausgestattet. Beide Modelle besitzen eine Spiegel-Vor-

S&T / CRAIG MICHAEL UTTER

Für Astrofotografie geeignete Kameras besitzen alle ein paar gemeinsame Details: Dazu gehören austauschbare Objektive, Sucher und Mattscheiben sowie eine rein mechanische Verschlusszeit und eine »B«-Einstellung für Langzeitbelichtungen.

auslösung, die den Batterien jedoch eine Menge Leistung entzieht. Lediglich bei den Verschlusseinstellungen »B« für »beliebig« und 1/60 Sekunde wird kein Batteriestrom benötigt. Der früheren Olympus **OM-2** fehlte diese Spiegel-Arretierung. Die für den Massenmarkt hergestellten OMs (OM-10, -20, -30, -F, -G und -PC) besitzen keine austauschbaren Mattscheiben und sind bei allen Belichtungszeiten auf den Strom ihrer Batterien angewiesen. Zwar sind sie recht billig und daher als Reserve-Gehäuse besonders praktisch. Doch bitte überprüfen Sie gebrauchte Modelle vor dem Kauf sorgfältig auf einen richtig funktionierenden Verschluss, da dieser zum Teil recht unzuverlässig ist.

Die **Nikon FM** wurde 1977 als Konkurrenz-Modell zur OM-1 eingeführt. Sie ist eine kompakte, leichte Kamera, besitzt allerdings keine austauschbare Mattscheibe. An die FM passen alle Nikon-Objektive, von den ältesten bis zur heute aktuellen Modellpalette. Die späteren Modelle **FM2** und **FM2N** sowie die aktuelle **FM3A** haben zwar austauschbare Mattscheiben, die alten Objektive lassen sich jedoch hier nicht mehr anschließen. Auch die vielseitige, aber schwere **Nikon F3** ist inzwischen häufig auf dem Gebrauchtmarkt zu finden. Ihre Produktion wurde erst kürzlich nach über zwanzig Jahren eingestellt, was sie zu einer der am längsten hergestellten Spiegelreflexkameras macht. Gebrauchte oder gar neuwertige Zubehörteile werden daher noch für eine sehr lange Zeit erhältlich sein.

Die **F3HP** ist eine F3, die einen Sucher mit langem Pupillenabstand besitzt und damit auch Brillenträgern einen komfortablen Einblick bietet. Das Sucher-Prisma lässt sich als Ganzes abnehmen. Gewiefte Astrofotografen ersetzen es oft durch das DW-4-Okular, einen sechsfach vergrößernden Sucher. Mit einem achtfach vergrößernden Monokular hinter dem DW-4 erreicht man sogar eine 48-fache Gesamtvergrößerung.

Verwirrende Vielfalt

Nikon stellt eine große Vielfalt an Mattscheiben her. Nachdem ich einige ausprobiert habe, lautet mein Rat für die Alltagsfotografie: Nikon F4 Typ B. Das ist eine einfache, gleichmäßig mattierte Scheibe mit einem feiner mattierten Fleck in der Mitte. Für die Astrofotografie ist jedoch die Nikon Typ D viel besser geeignet, da sie über ihre ganze Fläche fein mattiert ist. Man muss das zu fotografierende Objekt also nicht genau auf den Klarfleck in der Mitte der Mattscheibe zentrieren.

Ideal für die Astrofotografie ist auch die etwas ältere **Nikon F2**, da hier ebenfalls alle Nikon-Objektive passen und ihre »B«-Einstellung auch keinen Batteriestrom verbraucht. Wie die F3 besitzt auch die F2 austauschbare Mattscheiben und Sucher. Das Gleiche gilt für die alte **Nikon F**, doch muss hier beim Einsatz der Spiegel-Arretierung regelmäßig ein Bild des Films geopfert werden. Unter den neueren Modellen gibt es die **F4** und die **F5**, die zusätzlich mit einem Autofokus und einem Motor für den Filmtransport ausgestattet sind. Doch sind diese sehr teuer und eigentlich zu schwer, um sie an mobile Fernrohre anschließen zu können.

Nikons Konkurrent im Bereich der professionellen Fotografie ist die japanische Firma Canon. Alle aktuellen Spiegelreflexkameras besitzen einen eingebauten Autofokus und sind daher für die Astrofotografie nicht optimal geeignet. Glücklicherweise sind die älteren Modelle mit manuellem Fokus, wie zum Beispiel die **F-1**, **F-1N**, **A-1**, **AE-1 und AR-1**, heute noch gebraucht erhältlich.

Ein Bestseller auf dem Secondhandmarkt ist die **Minolta SRT-101**, die mehr als 15 Jahre lang verkauft wurde. Sie hat eine fest eingebaute Mattscheibe mit einem fein mattierten Ring um das zentrale Gebiet mit Mikro-Prisma oder Schnittbild-Indikator herum. Die ersten Exemplare besaßen noch eine Spiegel-Arretierung, was aber nicht auf alle verkauften Kameras zutrifft. Auch später hergestellte Minoltas mit manuellem Fokus haben ähnliche Merkmale. Allen eilt ein Ruf in Sachen Zuverlässigkeit voraus.

Die **Pentax K-1000** wird oft als der VW-Käfer der Fotografie bezeichnet. Sie wurde früher sehr häufig von Studenten der Fachrichtung Fotografie gekauft und ist daher heutzutage eine der häufigsten Gebrauchtkameras. Sie ist genauso klein und leicht wie die OM-1, aber mechanisch etwas einfacher aufgebaut. Leider hat sie keine Spiegel-Arretierung oder Vorauslösung. Manchmal gelingt es >

S&T: CRAIG MICHAEL UTTER (2)

Eine Nikon F3 mit DW-4-Okular und Drahtauslöser ist hier im Bild links im Brennpunkt eines 4-Zoll-Refraktors (f/9) von Vixen montiert. Mondfinsternisse (oben) bieten die einzige Möglichkeit, den automatischen Belichtungsmesser einer Kamera zu nutzen. Dieses Foto der Finsternis vom 12. Januar 2000 wurde vom Autor mit einer Olympus OM-2S auf Kodak Elite Chrome 100 an einem 5-Zoll-Celestron-Teleskop (f/10) aufgenommen.

> dennoch, den Spiegel vorher auszulösen, indem man den Auslöser leicht nach unten drückt. Ihre Mattscheibe ist leider nicht austauschbar. An die K-1000 passen alle Objektive mit Pentax-K-Bajonett, die allerdings inzwischen nicht mehr hergestellt werden.

Neue preiswerte Kameras

In den späten 1990er Jahren haben etliche Kamerahersteller neue, überraschend preiswerte und völlig manuelle Spiegelreflexsysteme eingeführt. Darunter die **Olympus OM-2000**, die **Nikon FM10** und die **Yashica FX-3**. Modelle von **Ricoh**, **Vivitar** und **Phoenix** gehören ebenfalls in diese Kategorie. Hergestellt werden alle von der Firma Cosina. Trotz der nahen Verwandtschaft sind sie untereinander jedoch nicht austauschbar. An jedes Kameragehäuse passen nur die Objektive des jeweiligen Herstellers. Einzige Ausnahme: An die Yashica FX-3 passen auch die von Contax hergestellten Zeiss-Objektive. Falls Sie eines dieser exzellenten Objektive einmal entdecken sollten, so bietet die Yashica eine sehr billige Option, es anzuschließen. Auch die Preise für die Kameras sind akzeptabel. Ich habe meine quasi fabrikneue OM-2000 in einem New Yorker Billigladen für 160 Dollar erstanden. Das ist nur ein Zehntel des Preises für eine neue Nikon F3HP.

Die Ausstattung dieser Kameras ist ziemlich gut. Zwar besitzt keine von ihnen austauschbare Sucherscheiben, doch haben alle – soweit mir bekannt – eine Spiegel-Vorauslösung. Auch bei langen Belichtungszeiten wird so kein Batteriestrom vergeudet. Hierfür sollte dann jedoch auf jeden Fall die Batterie entnommen werden – andernfalls bleibt während der gesamten Belichtungszeit eine LED im Sucher angeschaltet, was die Lebensdauer der Batterie senkt. Der Olympus-Varimagni-Sucher passt sowohl an die OM-2000 als auch an die Yashica-Kamera. Die OM-2000 ist darüber hinaus die einzige Kamera der Olympus OM-Serie, die Doppelbelichtungen auf einem Bild erlaubt, was für einige Vorhaben der Astrofotografie (Sonnen- und Mondfinsternisse) wichtig ist. Allerdings verursacht der Verschluss der OM-2000 wie auch der vieler anderer Kameras weit stärkere Erschütterungen als bei der OM-1. Falls Sie mit dieser Einschränkung leben können, ist eine OM-2000 oder eine FM10 ein sehr preiswerter Weg, eine brandneue Spiegelreflexkamera zu erwerben.

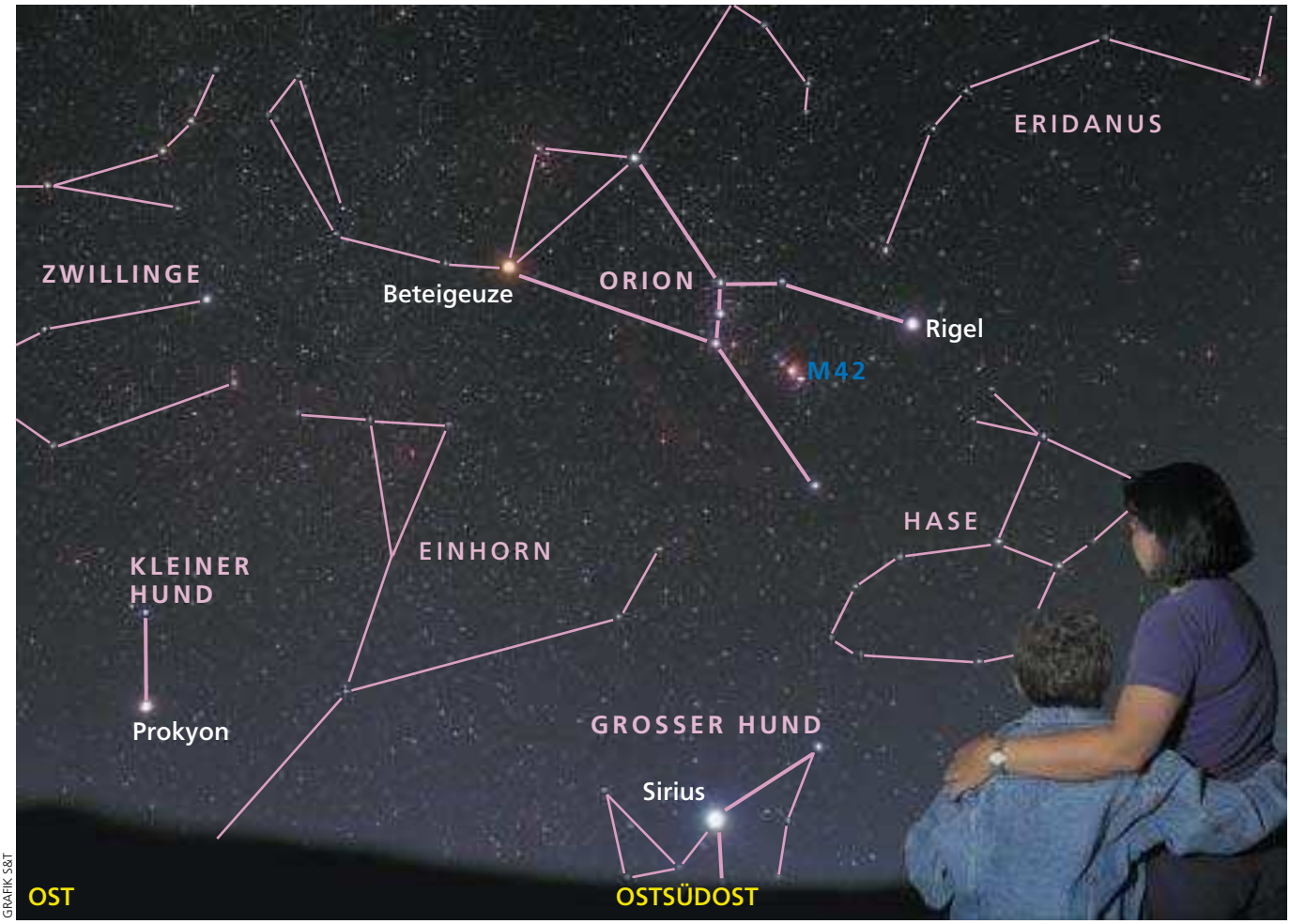
Schnäppchenjagd

Bevor Sie sich auf die Suche nach einer Spiegelreflexkamera machen, sollten Sie prüfen, ob nicht vielleicht noch eine unentdeckt in Ihrem Schrank oder auf dem Dachboden schlummert. Nein, ich scherze nicht! Viele Fotobegeisterte, die sich in den 1970er Jahren eine Spiegelreflexkamera zugelegt haben, stiegen schon einige Jahre später wieder auf die »idiotensicheren« Kameras um. Die Spiegelreflexsysteme von damals warten also nur darauf, genutzt zu werden. Viele von ihnen sind sehr gut für die Astrofotografie geeignet.

Mein nächster Tipp: Durchstöbern Sie doch bei Gelegenheit einfach einmal die Gebrauchtabteilung Ihres lokalen Kamerahändlers. Viele Fotografen stoßen ihre alten Spiegelreflexkameras nach einiger Zeit ab. Auch online gibt es einige gute Angebote, was Gelegenheitskäufe von Kameras und Preisvergleiche anbelangt: Unter www.foto-markt.de, www.photographie.de oder www.heimfotomarkt.de werden Sie hier sicher schnell fündig. Um ein richtig tolles Schnäppchen zu machen, suchen Sie nach Kameras, deren Belichtungsmesser nicht mehr funktioniert oder aber Quecksilber-Batterien benötigt, die mittlerweile nicht mehr erhältlich sind. Für die Astrofotografie stellt dies kein echtes Hindernis dar, und Ersatzbatterien sind durchaus aufzutreiben, falls Sie willens sind, danach zu suchen. Eine andere gute Bezugsquelle für Fotoapparate sind Tauschbörsen auf Star-Partys und anderen Treffen. Ich selbst habe mal eine ganze Schachtel voller Pentax-Objektive bei einem Treffen von Amateurfunkern erstanden. Sie können es aber auch auf einem regulären Flohmarkt oder auf kirchlichen Gemeindefesten probieren.

Was kann man tun, wenn man eine ältere Kamera erstanden hat, aber keine Gebrauchsanleitung mehr dazu besitzt? Hier liefert meistens der Hersteller entsprechende Anleitungen auf Nachfrage nach. Olympus tut dies immer. Als Alternative kann man von Silver Pixel Press (Magic Lantern Guides) und anderen Verlagen Gebrauchsanweisungen beziehen. Erkundigen Sie sich einfach einmal bei einer großen Buchhandlung oder bei Fotoläden in Ihrer Nähe. Ich wünsche Ihnen eine fröhliche Schnäppchenjagd! <<

Michael Convington ist unter michael@covingtoninnovations.com erreichbar. Er ist der Autor von »Astrophotography for the Amateur« (1999). Seine zwei neuesten Werke, »How to Use a Computerized Telescope« und »Celestial Objekts for Modern Telescopes«, sind diesen Sommer bei Cambridge University Press erschienen. Seine Web-Seite finden Sie unter www.covingtoninnovations.com.



GRAFIK S&T

Spaß mit der interaktiven Sternkarte von Sky & Telescope und ASTRONOMIE HEUTE

Das Planetariums-Java-Applet von SkyandTelescope.com ist ein äußerst nützliches Lehrmittel und eine anregende Beobachtungshilfe.

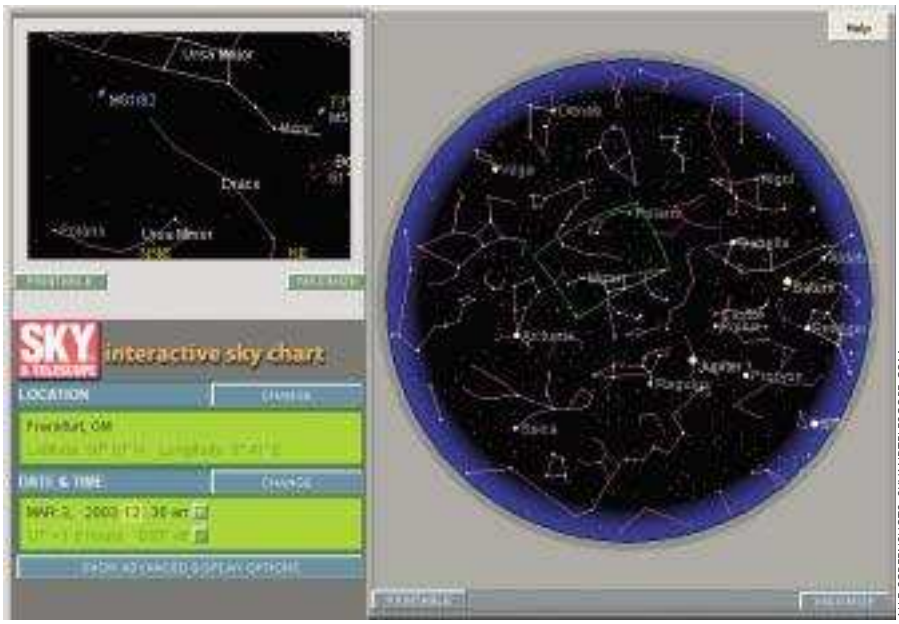
>> Richard Tresch Fienberg

Die »Interactive Sky Chart« von Sky & Telescope ist in erster Linie dazu gedacht, Astronomieneulingen zu jeder Uhrzeit und an jedem Ort eine passende Karte im Stil von S&T und ASTRONOMIE HEUTE zur Verfügung zu stellen. Um die Ladezeiten über das Internet möglichst kurz zu halten, wurde bewusst auf einige Aspekte verzichtet, wie man sie bei kommerziellen Programmen findet, die von einer CD-ROM geladen werden können. Mit solch umfangreichen und entsprechend komplizierteren Programmen kann und will die Sky Chart nicht konkurrieren. Sie hat vielmehr den Anspruch, die Karten im Heft so genau wie möglich wiederzugeben.

Dabei kristallisierte sich schnell heraus, dass es für die Sky Chart noch viel mehr Anwendungsmöglichkeiten gibt. Zum Beispiel für Lehrer und Schüler aller Klassenstufen. Spielt man mit den Einstellungen von Ort und Zeit, lassen sich die Phänomene der Himmelsmechanik leichter studieren: wie die Bahnen der Planeten verlaufen, wie sich der Sternhimmel während eines Tages über uns hinwegdreht oder wie sich die Jahreszeiten bemerkbar machen.

Auf der Startseite der Sky Chart gibt es einige Textlinks und zwei Knöpfe (»Buttons«). Außerdem kann man Hilfe-Seiten aufrufen, auf die jederzeit zurückgegriffen werden kann, wenn man an einem Punkt nicht mehr weiterkommt.

Klicken Sie auf den Knopf »change location«, öffnet sich ein neues Browserfenster, in das das Java-Applet der Karte geladen wird. Je nach Schnelligkeit der



ALLE SCREENSHOTS: SKYANDTELESCOPE.COM

Die interaktive Sky Chart von Sky & Telescope und ASTRONOMIE HEUTE bietet parallel zwei Ansichten des Himmels zur Auswahl: eine Komplettansicht (rechts) und einen Ausschnitt (links oben), der mit dem grünen Rahmen in der Gesamtkarte vom Benutzer ausgewählt werden kann. Hier abgebildet ist die Karte für Anfang März um 0.30 Uhr MEZ, für einen Beobachter in Frankfurt am Main – genau wie die Sternkarte hier im Heft auf Seite 54.

Internet-Verbindung kann das bis zu ein oder zwei Minuten dauern. Jetzt können Sie links unten über den »change«-Button bei »Location« Ihren Standort eingeben. Hierzu öffnet sich ein separates Fenster mit einer dreiteiligen Dialogbox. Den ersten Teil können Sie überspringen, er ist für Beobachter in den USA und Kanada bestimmt. Im zweiten Teil, »World by City«, kann man den Namen einer Stadt und das dazugehörige Land eingeben. Hierbei werden die englischen Namen benötigt, das wäre also »Munich« für München, »Cologne« für Köln und schließlich »Germany« für Deutschland. Manchmal werden mehrere Städte gleichen Namens angezeigt, es ist dann hilfreich, schon ungefähr die Koordinaten des Standorts zu wissen. Sollte der Ort nicht in der geografischen Datenbank vorhanden sein, können die Koordinaten auch im untersten Teil des Dialogfelds direkt eingetippt werden. Die Eingabe dann mit einem Klick auf den Knopf »submit« bestätigen.

Zuvor können Sie ein Häkchen setzen, sodass die Sky Chart mit dieser Einstellung beginnt. Damit das Applet sich dies merken kann, möchte der Webserver auf dem Computer einen so genannten Cookie einrichten.

Nehmen wir an, wir befinden uns in der Nähe von Frankfurt am Main und geben dies im Mittelabschnitt ein. Nach dem »submit« muss noch die Zeitzone ausgewählt werden. Das ist für Mitteleuropa (Amsterdam, Berlin, Bern) üblicherweise »UT +1 Stunde«, also die Mitteleuropäische Zeit »MEZ«. Herrscht Sommerzeit, dann bitte das Häkchen in der »Daylight Saving Time«-Box nicht vergessen!

Nun erscheint im Vordergrund wieder das Appletfenster mit der runden Sternkarte auf der rechten Seite, darunter steht »All-Sky Chart«. Im Westen zeigt diese ein verbogenes Rechteck, das den Ausschnitt angibt, der links oben im »Selected View« zu sehen ist. Darunter sind die Orts- und Zeitangaben eingeblendet.

Rechts – links – oben – unten?

Viele wundern sich, warum in der Sternkarte der Westen rechts ist, und nicht links, wie man es von Straßenkarten her kennt. Das kommt daher, dass Sie die Karte über Ihren Kopf halten müssen – wie einen innen bedruckten Regenschirm – dann sind die Himmelsrichtungen wieder da, wo sie hingehören. Der runde Rand der Karte ist der Horizont.

Die Mitte der Sternkarte stellt den Himmel direkt über dem Beobachter, also den Zenit dar. Ein Stern oder Planet, der auf halbem Weg von der Mitte zum Rand steht, hat eine Höhe von 45 Grad über dem Horizont. Der »Selected View« zeigt dann, was das menschliche Auge überblicken kann, etwa 50 Grad in der Breite und rund 40 Grad in der Höhe. Am unteren Bildrand ist jeweils die aktuelle Blickrichtung mit englischen Abkürzungen angegeben, also beispielsweise »NNE« für Nordnordost. Markierungen am rechten Bildrand geben die Höhe über dem Horizont an, von 0 Grad (Horizont) bis 90 Grad (Zenit).

Wenn Sie als Datum den 1. März 2003 und als Uhrzeit 12:30 a.m. (= 0.30 Uhr >

Bevor die Sternkarte berechnet werden kann, müssen Sie dem Programm Ihren Standort mitteilen (oben). Wenn Sie die Koordinaten wissen, können Sie sie direkt eingeben, oder bei größeren Städten diese unter ihrem englischen Namen in der Datenbank anwählen. Unten: Nach der Eingabe des Standorts müssen Sie die richtige Zeitzone auswählen und angeben, ob Ihre Uhr auf Sommerzeit umgestellt ist oder nicht.

In den frühen Morgenstunden einer Mittoktobernacht steht Orion Kopf – zumindest vom australischen Sydney aus gesehen. Die Abbildung zeigt den »Selected View« in Richtung Nordnordost in der maximierten Ansicht.

> morgens) eingeben, erhalten Sie genau den Ausschnitt, der als Karte auch hier im Heft auf Seite 54 abgebildet ist. Hierzu klicken Sie mit der Maus auf die jeweilige Zeitangabe (Monat, Tag, Jahr, Stunden, Minuten) und stellen dann mit plus oder minus die Uhrzeit und das Datum vor oder zurück.

Ein Unterschied zwischen der interaktiven Sky Chart und der Karte im Magazin besteht darin, dass im Applet der Mond eingeblendet ist. Die Phasen sind korrekt abgebildet, bis auf die Tatsache, dass der »Terminator« gerade ist, und nicht wie in Wirklichkeit gekrümmt. Was genau auf der Karte angezeigt wird und was nicht, lässt sich übrigens in den »Show Advanced Display Options« ganz links unten einstellen.

Jetzt können Sie beginnen, mit den Funktionen des Applets zu spielen, um zu sehen, was passiert. Wenn Sie mit der Maus über das grüne Viereck in der Übersichtskarte fahren und die (linke) Maustaste gedrückt halten, lässt sich das Rechteck frei verschieben und Sie sehen, wie sich der Ausschnitt links verändert. Oder umgekehrt: Verschieben Sie links den Ausschnitt und sehen, wie sich das Viereck in der Übersichtskarte bewegt.

Der Spaß fängt aber erst richtig an, wenn Sie den Ort, das Datum und die Uhrzeit verstellen und sehen, wie sich die Karte dann ändert. Hier sind einige Beispiele für den Anfang:

»Spin-Control«: Nehmen wir als Beispiel den Abend des 1. März in Frankfurt am Main. Wenn Sie auf die Stundenangabe klicken, wird das Feld farbig unterlegt und Sie können mit dem Plusknopf die Stunden weiterstellen und sehen, wie sich die Karte verändert. Im Osten gehen Sterne auf, im Westen gehen andere unter. Dabei dreht sich alles um Polaris, den Polar- oder Nordstern. Wenn Ihnen das stundenweise Fortschreiten zu schnell geht, verwenden Sie die Minutenangaben. Erreichen Sie den Morgen des folgenden Tages, verfärbt sich die Karte hellblau und Sie werden erkennen, dass auch die Sonne in einem Bogen um die Stelle läuft, wo der Polarstern steht. Um die Mittagszeit – wann genau hängt von Ihrem Standort ab – »kulminiert« sie im Süden, erreicht also ihre höchste Position über dem Horizont, und damit den größten Abstand vom Rand der Karte.

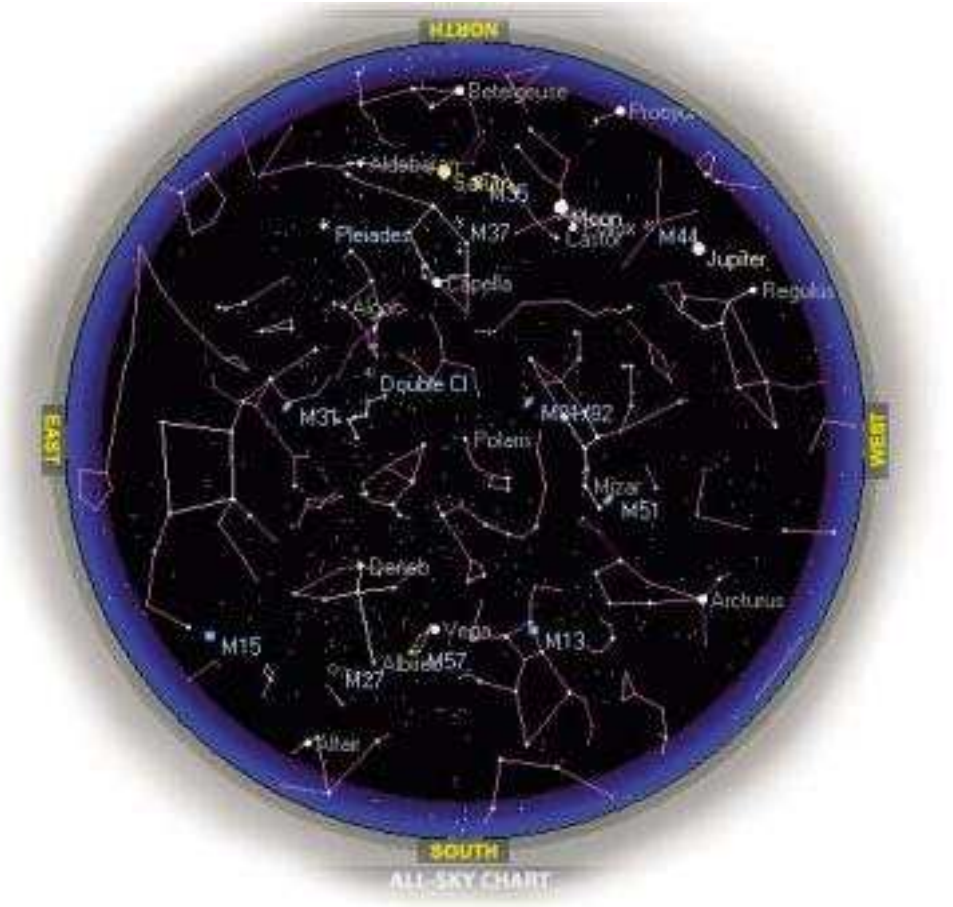
Das Sky-Chart-Kontrollfeld gibt Auskunft über den auf den Karten dargestellten Standort, das Datum und die Uhrzeit, und ermöglicht die einfache Änderung der Uhrzeit durch die Buttons [+] und [-]. Ein Klick auf »Show Advanced Display Options« führt zu einer Auswahl für die Symbole und Beschriftungen auf den Karten.

Fällt Ihnen auf, dass es Sternbilder gibt, die im Norden den Polarstern »umkreisen«, dabei aber nie untergehen? Auch tagsüber bleiben sie immer über dem Horizont, gleich zu welcher Jahreszeit. Man nennt sie deshalb auch die »zirkumpolaren Sternbilder« für 50 Grad nördlicher Breite. Die bekanntesten sind der Große Bär mit dem Großen Wagen und Kassiopeia – das »Himmels-W«.

Ändern Sie jetzt das Datum auf den 21. März, der Tag-und-Nacht-Gleiche (»Äquinoktium«, englisch »Equinox«), gleichzeitig der astronomische Frühlingsanfang. Wenn Sie den Tag wieder stundenweise ablaufen lassen, werden Sie sehen, woher der Name kommt – denn der Tag und die folgende Nacht sind genau gleich lang: zwölf Stunden! Merken Sie sich dabei, wie hoch die Sonne um 12 Uhr mittags am Himmel steht. Springen Sie nun um drei Monate auf den 21. Juni – die Sommersonnenwende (»Solstitium«). Dies ist der längste Tag des Jahres, denn durch die Stellung der Erdachse zur Sonne erreicht diese zur Mittagszeit die höchste Position über dem Südhorizont. Sie hat dadurch die längste Bahn am Himmel zurückzulegen – es ist also am längsten hell!

Nur so eine Phase

Gehen Sie zurück zum Anfang März, genauer gesagt, zum 3.3. (Rosenmontag) um 18 Uhr. Die Sonne geht gerade unter und der Neumond folgt ihr keine halbe Stunde später. Wenn Sie nun Tag für Tag weiterklicken, geht die Sonne immer später unter (stellen Sie daher auch die Uhrzeit entsprechend ein bisschen weiter), während der Mond sich von der Sonne weg durch die Tierkreiszeichen bewegt. Anfang März steht er in den Fischen, um den 7.3. durchquert er drei Tage lang den Widder auf dem Weg zum Stier. Dabei nimmt seine Phase ständig zu: Das erste Viertel erreicht er am 11. 3.,



Die Komplettansicht in der Großdarstellung zeigt den weihnachtlichen Sternhimmel am Nordpol, wo zu dieser Zeit die Sonne nie aufgeht. Der Polarstern ist direkt im Zenit, im Zentrum der Karte. In den »Advanced Display Options« wurden die Bezeichnungen ausgewählter Deep-Sky-Objekte eingeblendet. Wäre das Sky-Chart-Applet cleverer, würden als Himmelsrichtungen überall »Süden« stehen und die Häuser und Bäume im dazugehörigen »Selected View« wären durch Eisberge, Iglus und Robben ersetzt.

als Vollmond geht er am 18.3. nur Minuten nach dem Sonnenuntergang in der Jungfrau auf. Die folgenden zwei Wochen nimmt seine Phase wieder ab, letztes Viertel ist am 25.3., er geht dann erst um 4 Uhr morgens im Schützen auf, in dem sich gerade auch der Planet Mars aufhält. Neumond ist am 1.4., zu dem er sich mit der Sonne wieder in den Fischen trifft.

»Die neue Breite«: Stellen Sie das Datum doch mal vor auf den 16. Oktober und die Zeit auf 19.30 Uhr, also »7:30 p.m.« Klicken Sie jetzt auf den Knopf »change« im Location-Fenster und wählen Sie Sydney aus der Liste »World-by-City« und als Land »Australia«. Legen Sie die Zeitzone »Canberra, Melbourne, Sydney: UT+10 hours« fest und schicken Sie Ihre Eingaben mit dem »submit«-Button ab. Jetzt können Sie einen typischen Nachthimmel der Südhalbkugel bewundern. Drehen Sie den Himmel stundenweise weiter, gehen die Objekte immer noch im Osten auf und im Westen unter, erreichen ihren höchsten Punkt über dem Horizont aber im Norden und nicht, wie bei uns in Europa, im Süden. Können Sie den Himmelssüdpol ausmachen, um den sich alles dreht? Hier gibt es keinen »Südstern«, der die Orientierung erleichtert!

Am frühen Morgen geht Orion auf. Ziehen Sie doch einmal den grünen Rahmen über ihn: Im Auswahlfenster steht er verkehrt herum! Orion würde Ihnen natürlich widersprechen und sagen, die Australier stehen auf dem Kopf!

Verlegen Sie jetzt Ihren Standort mit den Listen nach Quito in Ecuador, das lateinamerikanische Land, das – wie der Name schon sagt – am Äquator liegt. Seine Zeitzone ist »Bogota, Lima, Quito: UT -5 hours«. Klicken Sie den Sternhimmel wieder stundenweise weiter. Sie werden sehen, wie die Sternbilder, die genau im Osten aufgehen, keinen schrägen Bogen durchlaufen, sondern senkrecht nach oben steigen und den Zenit durchqueren, um dann wiederum genau senkrecht im Westen unterzugehen. Wenn Sie auf die Anzahl der Stundenklicks achten, fällt auf, dass Tag und Nacht immer gleich lang sind. Auch wenn Sie jetzt Weihnachten als Datum angeben – selbst am 24. Dezember ist es zwölf Stunden lang hell – prüfen Sie es nach! Eine charakteristische Eigenheit der Länder am Äquator.

Rufen Sie wieder die »Location-Box« auf und geben Sie in den Feldern für »Worldwide by Latitude & Longitude« die Breite 90 Grad Nord ein – die Länge kann beliebig sein, ebenso die Zeitzone. Willkommen am Nordpol! Sehen Sie den Polarstern, der hier genau im Zenit steht? Wenn Sie die Zeit weiterklicken, laufen alle Sterne im Kreis herum, wie bei einem Karussell. Am Nordpol sind alle Sternbilder des nördlichen Sternhimmels zirkumpolar! Und es wird im Winter niemals hell – Sie können rund um die Uhr beobachten. Vergessen Sie also den Südpol, denn dort geht die Sonne in dieser Jahreshälfte überhaupt nicht unter.

Was noch? Wenn Sie den Button »printable« unterhalb der Sternkarte oder dem Auswahlfenster anklicken, haben Sie die Möglichkeit, die jeweilige Sternkarte in schwarzweiß auszudrucken, um Tinte beziehungsweise Toner zu sparen. Leider sieht die Karte dann etwas pixelig aus – ein Zugeständnis an die Ladezeit des Applets. Falls Sie einen Farbdrucker haben, drucken Sie die Karte besser so, wie sie auf dem Bildschirm abgebildet ist. Viele Drucker erzielen dabei bessere Ergebnisse mit speziellem Fotopapier.

Also, worauf warten Sie noch? Werfen Sie Ihren Computer an, starten Sie Ihren Web-Browser und machen Sie einen virtuellen Beobachtungsurlaub irgendwo auf der Welt. Denn auf den Webseiten von Sky & Telescope und ASTRONOMIE HEUTE ist es nie bewölkt! <<

Richard Tresch Fienberg, seines Zeichens Sky & Telescope-Chefredakteur, trainierte mit der Interactive Sky Chart für seine Reise zur Sonnenfinsternis im Süden Afrikas, auf der er den Südhimmel im Dezember 2002 zum ersten Mal live erlebte.

Redshift 4: das Maß aller Dinge?

In nur zehn Jahren avancierte das Planetariumsprogramm Redshift zum Marktführer. Jetzt liegt es in seiner vierten Version vor. ASTRONOMIE HEUTE nahm es unter die Lupe.

>> Joachim Schüring

ALLE SCREENSHOTS: WWW.REDSHIFT.DE

Redshift war nicht das erste virtuelle Planetarium. Doch mittlerweile ist es zur Messlatte geworden. Seinen großen Erfolg verdankt das Programm nicht nur seiner schier unermesslich erscheinenden Datenbank. Es ist heute weit mehr als nur ein Tool zum Ausdrucken von Himmelskarten.

Alles in allem sind in Redshift 4 über 18 Millionen Himmelsobjekte erfasst, wobei den 2,5 Millionen Sternen bis 11,5ter Größenklasse der Tycho-2-Katalog zu Grunde liegt. Jenseits davon werden der 4M-Katalog und der Hubble Guide Star Catalogue kombiniert, in denen insgesamt über 15 Millionen Sterne verzeichnet sind. Hinzu kommen die Daten von über 100 000 Galaxien, Sternhaufen, Nebeln, Asteroiden und Kometen. Wem das noch nicht reicht, der kann auf der Redshift-Homepage mittels Online-Aktualisierung nach den neuesten Ergänzungen suchen und die Datenbank mit Hilfe neuer Bahndaten selbst erweitern.

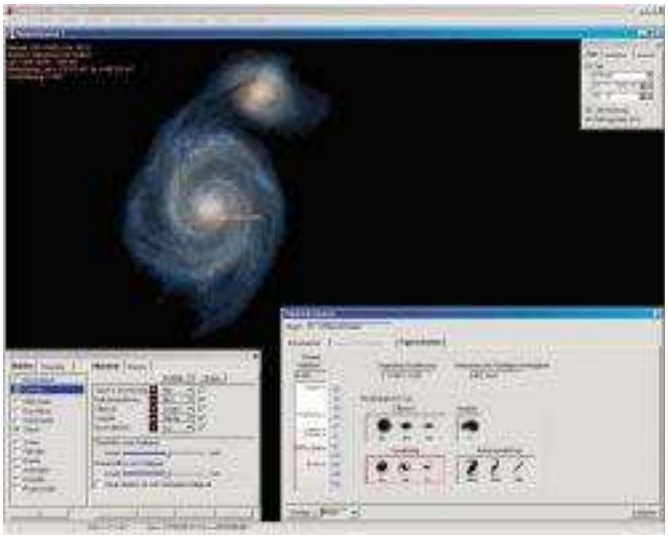
Natürlich ist das Sonnensystem mit all seinen Monden vollständig enthalten, wobei die Oberflächen insbesondere der gut erforschten Objekte überaus detailgetreu wiedergegeben werden.

Die Installation von Redshift 4 verläuft problemlos und nach einem anschaulichen Einführungsvideo kann es sofort losgehen. Ein wenig Verwirrung herrscht beim Start des Programms, denn wie ein gängiges Windows-Programm »fühlt« sich Redshift 4 nicht an. Ein den Bildschirm füllendes Startfenster fehlt. Stattdessen öffnet sich vor dem Hintergrund des Desktops ein kleines Fenster samt Symbolleiste. Der ganze Bildschirm füllt sich erst beim Öffnen der verschiedenen Arbeitsbereiche – eine etwas ungewöhnliche Art der Menüführung.

Immerhin erklären sich die Dinge dann von selbst. Die Standardvorlage der Himmelsansicht kann relativ einfach an den jeweiligen Wohnort angepasst werden. In der Städteliste sind zwar Ndjamena im Tschad und auch Moroni auf den Komoren enthalten, aber Hannover, Halle oder Heidelberg sucht man darin vergeblich. Dem Bediener müssen also Länge und Breite seiner jeweiligen Position bekannt sein (siehe »Raum & Zeit aus dem WWW«, S. 100).

Die Menüoberfläche des Programms ist sehr eingängig: Schnell wird klar, wie sich die Blickrichtung verändern lässt und wie sich Sterne, Planeten oder sogar Raumsonden aus dem Wirrwarr der Objekte herausfiltern lassen. Auch die gezielte Suche nach Objektklassen ist möglich. Da die Himmelskörper sich auch nach Helligkeit sortieren lassen, weiß man genau, welche davon mit der eigenen Ausrüstung gerade noch beobachtbar sind. Die Menüs sind übersichtlich, sodass der Anwender sich schnell zurechtfindet. Mit Maus und Cursor zoomt man sich komfortabel auf die Objekte zu und wieder weg. Auch die detaillierten, aber übersichtlichen Ausdrucke machen einen professionellen Eindruck.

Datum und Uhrzeit können an die Rechnerzeit gekoppelt werden und zei-



Neben der Simulation von Finsternissen (Bild Seite 96) zeichnet sich Redshift 4 auch durch viele Lexikon-Einträge zu Geräten (links) oder eindrucksvollen Bildern astronomischer Objekte wie Galaxien (rechts) aus.

gen so den Lauf der Gestirne in Echtzeit an. Gibt es Probleme bei der Bedienung, steht ein umfangreiche und perfekt organisierte Hilfe-Funktion zur Verfügung.

Natürlich ist Redshift 4 viel mehr als nur ein nützliches Werkzeug für die Himmelsbeobachtung. Über jedes Objekt sind per Mausklick zahlreiche Informationen abrufbar. Im Abschnitt Fixsterne gibt es neben deren Koordinaten (Ephemeriden), den Auf- und Untergangszeiten auch anschauliche Grafiken zur jeweiligen Helligkeit und Temperatur. Viele der Galaxien, Sternhaufen oder Planetarischen Nebel sind mit eindrucksvollen Bildern vertreten.

Die vielfältigen Steuerelemente erlauben dem Benutzer, seinen Beobachtungsort auf jeden Planeten oder Mond des Sonnensystems zu verlegen oder in beliebiger Entfernung im All zu schweben: Kurzum: Bis zu einer Entfernung von 100 Astronomischen Einheiten sind alle nur denkbaren Perspektiven möglich.

Reizvolle Finsternisse

Besonders reizvoll ist die Simulation von Finsternissen oder Konjunktionen. Diese können im Himmelskalender je nach Standort individuell gesucht und per Mausklick als aktuelle Simulation gestartet werden. Innerhalb von Sekunden weiß der Sternfreund also, dass sich am Morgen des 3. Oktober 2005 die Sonne über Heidelberg verfinstert.

Mit Redshift 4 lassen sich solche Himmelsereignisse sogar gleichzeitig aus verschiedenen Perspektiven betrachten: Während in einem Menüfenster der Mond – vom All aus gesehen – seinen Schatten auf Europa und Afrika wirft, schiebt sich in einem anderen – nun von der Erde aus – die Mondscheibe nach und nach vor die Sonne. Die zeitliche Synchronisierung beider Fenster macht dies möglich. Der Fantasie sind damit kaum Grenzen gesetzt.

Besondere Erwähnung verdient der Menüpunkt »Nachschlagen«, der neben dem Himmelskalender auch eine Suchfunktion anbietet. Hier sind weit über 10000 Objekte und Stichwörter recherchierbar. In manchen Einträgen finden sich anschauliche Animationen. Auch die Objekte aus dem Lexikon sind wunderbar einfach mit dem Planetarium verknüpfbar. So erfährt man beispielsweise etwas über die Entdeckungsgeschichte des Marsmondes Deimos, »beamt« sich im nächsten Moment auf dessen Oberfläche und sieht dabei den Roten Planeten über sich kreisen.

Redshift 4 ist sicher nicht ganz einfach zu bedienen und lässt sich erst mit ausreichender Erfahrung vollends ausschöpfen. Dafür ist das virtuelle Planetarium aber auch weit mehr als ein komfortabler Ersatz für Sternkarten. Seine multimedialen Möglichkeiten und das umfangreiche Lexikon bieten einen nahezu perfekten Einstieg in die Astronomie und lassen auch alte Hasen des Fachs mitunter die Zeit vergessen. Da hat die Konkurrenz – auch preislich – derzeit nicht viel entgegenzusetzen. Redshift 4 wird wohl vorerst das Maß aller Dinge bleiben. <<

Systemvoraussetzungen

Redshift 4, 1 CD-ROM / Navigo, United Soft Media
ISBN 3803217083 / Preis: 76,90 €

Mindestanforderungen:

Betriebssystem:	Win95, Win98, WinME, Win 2000
CPU-Typ, Geschwindigkeit:	Athlon/Pentium, 200 MHz
Arbeitsspeicher:	32 MB
Grafikauflösung:	800 × 600
Farbtiefe:	High Color (16 Bit)
CD-ROM-Geschwindigkeit:	8fach
Benötigter Festplattenspeicher:	80 MB
Audio:	16 Bit
Sonstiges:	QuickTime im Lieferumfang enthalten

Joachim Schüring ist promovierter Geologe und betreut als Redakteur bei wissenschaft-online.de die Gebiete Astronomie, Geowissenschaften und Technik.

Jahrbücher für den Sternfreund

Ahnerts Astronomisches Jahrbuch und das Himmelsjahr erfreuen sich unter Sternfreunden seit Jahren großer Beliebtheit. Den Hauptteil beider Bücher bilden zwölf Monatsübersichten. Sie werden von Artikeln zum Monatsthema (Himmelsjahr) oder astronomischen Aufsätzen (Ahnert) ergänzt, in denen ausgewählte Themen vertieft werden.

Ahnerts Astronomisches Jahrbuch besitzt von beiden Jahrbüchern den größeren Seitenumfang. Auf einen kurzen tabellarischen Überblick über Sonne, Mond, Planeten und Finsternisse folgen die Monatsübersichten. Besondere Ereignisse oder lohnende Beobachtungsobjekte werden durch Info-Grafiken beschrieben. Zahlreiche Abbildungen – aufgenommen von Amateurastronomen – ergänzen die Beiträge und regen zur eigenen Beobachtung an. Ein astronomischer Terminkalender fasst interessante und gut zu beobachtende Ereignisse zusammen. Einen breiten Raum nehmen im Ahnert die Jahresephemeriden (astronomischen Koordinaten) ein. So findet man hier Tabellen der Sternbedeckungen durch den Mond, die durch Karten und Tabellen von 14 streifenden Bedeckungen ergänzt werden. Die falsche Reihenfolge der Karten 9 bis 14 verlangt vom Leser allerdings eine erhöhte Aufmerksamkeit. Die Bahnelemente und Koordinaten von Kleinplaneten berücksichtigen auch das scheinbare Aufeinandertreffen von Planetoiden und hellen Sternen am Himmel (Konjunktionen). Eine Übersicht zu periodischen Kometen und Meteorströmen rundet die Tabellen ab. Tipps für Astrotouristen spielen – entgegen der Ankündigung auf der ersten Umschlagseite – allerdings keine große Rolle.

Das Himmelsjahr führt den Leser zu Beginn in die Grundbegriffe der Astronomie ein. Bei den Monatsübersichten beginnt jeder Abschnitt mit dem Himmelsanblick des Monats und einem Überblick zu Sonne, Mond und Planeten. Es folgen eine Tabelle der wichtigen Konstellationen und Ereignisse des Monats, Informationen zu Planetoiden, Meteorströmen sowie dem Fixsternhimmel. Eine Spezialität des Himmelsjahrs stellen die vertiefenden Monatsthemen dar. In ihnen findet der Leser aktuelle Hinweise zu Mond, Mars, Merkurtransit und Sonnenfinsternissen sowie Artikel zu kosmologischen Themen, Zeitmessung oder die Leistung von Teleskopen. Im Anschluss an die Monatsübersichten bietet auch das Himmelsjahr einen Abschnitt mit Jahrestabellen. Ihr Umfang ist zwar verglichen mit Ahnerts Jahrbuch eher gering, die Angaben werden jedoch in grafischer Form und somit leicht verständlich präsentiert. Die Liste astronomischer Einrichtungen im Anhang ist allerdings unvollständig, teils fehlerhaft und bedarf dringend einer grundlegenden Überarbeitung. Sehr nützlich für die Beobachtung sind die Winkelmarken auf dem Rücken des aufklappbaren Umschlags.

Beide Bücher begleiten den Leser mit hoher inhaltlicher Qualität durch das Astro-Jahr. Dabei richtet sich das Himmelsjahr mit seinen einführenden Texten und zahlreichen Grafiken besonders an den astronomischen Neuling und gelegentlichen Himmelsbeobachter. Ahnerts Jahrbuch hingegen setzt in größerem Maße astronomische Kenntnisse voraus und wendet sich daher eher an den routinierten Beobachter. >> Thomas Rattei

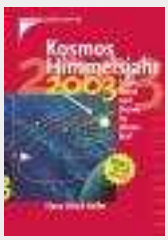
ANZEIGE

Besprochene Bücher

Thorsten Neckel,
Oliver Montenbruck

Ahnerts Astronomisches Jahrbuch 2003
Den Himmel beobachten und verstehen

Verlag Sterne und Weltraum,
Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH,
Heidelberg 2002,
354 S., 15,50 €



Hans-Ulrich Keller

Kosmos Himmelsjahr 2003
Sonne, Mond und Sterne im Jahreslauf

Franckh-Kosmos Verlags-GmbH & Co.,
Stuttgart 2002, 272 S., 14,50 €

Raum & Zeit aus dem WWW

Wenn Sie systematisch beobachten, müssen Sie ganz genau wissen, wann und von wo aus Sie an den Sternhimmel blicken. Im Internet gibt es zahlreiche Webseiten, die Ihnen dabei helfen!

>> Oliver Dreissigacker

Sobald Ihre Ambitionen über das bloße Spazierengucken hinausgehen und Sie Beobachtungen machen, die Sie mit Amateur- oder gar mit Profiastronomen teilen wollen, müssen Sie präzise Angaben machen können, zu welcher Zeit Sie von welchen Koordinaten aus Ihr Fernrohr auf welche Stelle des Himmels richten.

Die genaue Zeit – sofern sie die Ereignisse am Sternhimmel selbst betrifft – ist abhängig davon, von wo aus Sie beobachten – die so genannte mittlere Ortszeit. Die Korrektur zur Mitteleuropäischen Zeit finden Sie für zahlreiche Städte unter **wissenschaft-online.de/artikel/613956** auf den Webseiten von ASTRONOMIE HEUTE .

Diese unterschiedlichen lokalen Zeiten resultieren aus der Drehung der Erde: Wenn bei Ihnen ein Planet oder ein Stern gerade genau im Süden steht, können Sie problemlos einen Freund anrufen, wenn dieser rund 28 Kilometer weiter westlich zu Hause ist – er hat dann nämlich noch eine ganze Minute Zeit, zu seinem Fernrohr zu gehen und es ebenfalls auf Süden auszurichten.

Um die geografische Länge und Breite eines Orts herauszufinden, bietet sich die Webseite **heavens-above.com** an, die in Zusammenarbeit mit der Deutschen Raumfahrtagentur DLR entstand. Leider gibt es keine deutschsprachige Version, aber auch mit wenig Englischkenntnissen kommt man schnell an die gesuchten Informationen. Im unteren Bereich der Empfangsseite kann man als »anonymer User« anklicken, dass man einen Ort aus der Datenbank »selektieren« möchte. Auf der nächsten Seite müssen Sie das entsprechende Land anklicken, die Auswahl führt dann zu einer kleinen Eingabemaske, in die der gesuchte Ort eingetippt wird – Umlaute und das »ß« können wie gewohnt verwendet werden.

Bei der Trefferanzeige mit Bundesland, Breite (»Latitude«), Länge (»Longitude«) und Höhe über Meeresspiegel (»Elevation«) empfiehlt sich übrigens immer ein Klick auf den »Neighbours«-Link, denn dieser bietet oft eine genauere Auswahl, wie Stadtteile oder kleine Orte in der Umgebung.

Die Koordinaten sollten Sie sich notieren und immer parat haben, denn Sie werden sie immer wieder benötigen. Beispielsweise wenn Sie für Ihren Standort die »Sternzeit« (Local Sidereal Time) ermitteln wollen, die Ihnen verrät, welche Rektaszension gerade durch Ihren Meridian (Süden) läuft.

heavens-above.com basiert auf einer riesigen Geografiedatenbank und errechnet damit Überflugzeiten für die ISS und viele Satelliten.

sternwarte-ueberlingen.de hat einen »Astro-Rechner«, der Sternzeit, Julianisches Datum und die Zeitgleichung ausgibt.

Auf **sternwarte-ueberlingen.de** können Sie Ihre Koordinaten unter dem Menüpunkt: »Astronomie«, Reiter: »Astro-Rechner« eingeben, und erhalten neben der Sternzeit noch andere nützliche Informationen, die durch Cookies immer wieder ohne Neueingabe abrufbar sind.

Wenn Sie beliebige Positionen am Sternhimmel vom Äquatorial- ins Azimutsystem (»Horizontsystem«) umrechnen wollen, leisten **walter-fendt.de** (animiertes Applet, das die Drehung der Systeme illustriert) und **stargazing.net** (die Eingabe beliebiger Koordinaten und Zeit wird in das jeweils andere System umgerechnet) wertvolle Dienste.

Die zu Grunde liegenden Formeln können Sie sich selbst herleiten, wenn Sie in Trigonometrie fit sind. Eine gute Übung, um sich die Bezugssysteme besser zu veranschaulichen. Die Ergebnisse Ihrer Rechnung können Sie mit einer Vorlesung von Oskar von der Lühe, Direktor des Kiepenheuer-Instituts für Sonnenphysik (**KIS**) und Professor an der **Uni-Freiburg.de**, vergleichen. <<

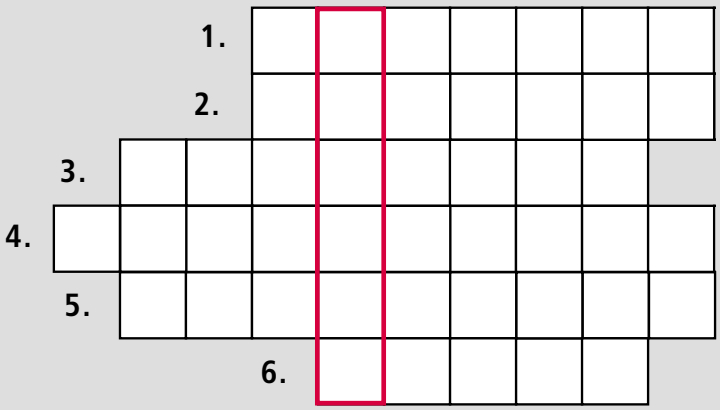
Oliver Dreissigacker ist Redakteur von ASTRONOMIE HEUTE und hat für seine Forschungsergebnisse 1992 seine erste eigene Webseite programmiert.

Links

http://www.wissenschaft-online.de/artikel/613956
http://www.heavens-above.com
http://www.sternwarte-ueberlingen.de
http://www.walter-fendt.de/a11d/stposition.htm
http://www.stargazing.net/mas/al_az.htm
http://www.kis.uni-freiburg.de/~ovdluhe/Vorlesungen/GEG_02/GEG_02_1.htm

ANZEIGE

Gewinnen Sie mit ASTRONOMIE HEUTE!



1. Wie lautet der lateinische Name des südlichsten Sternbilds im »Sommerdreieck«?
2. Einer der Planeten, die zurzeit am Abendhimmel sichtbar sind, ist Ziel der Raumsonde Cassini. Welcher ist es?
3. Wie bezeichnen Fachleute die Objektivöffnung eines Fernrohrs oder Feldstechers?
4. Welcher sizilianische Astronom hat bereits im 17. Jahrhundert nebelhafte Objekte beobachtet?
5. Auf welcher Inselgruppe sind die beiden Keck-Zwillingsteleskope beheimatet?
6. Gesucht ist ein Sternbild, das Teil des »Wintersechsecks« ist und aus vielen hellen und unverwechselbar angeordneten Sternen besteht.

PREISRÄTSEL

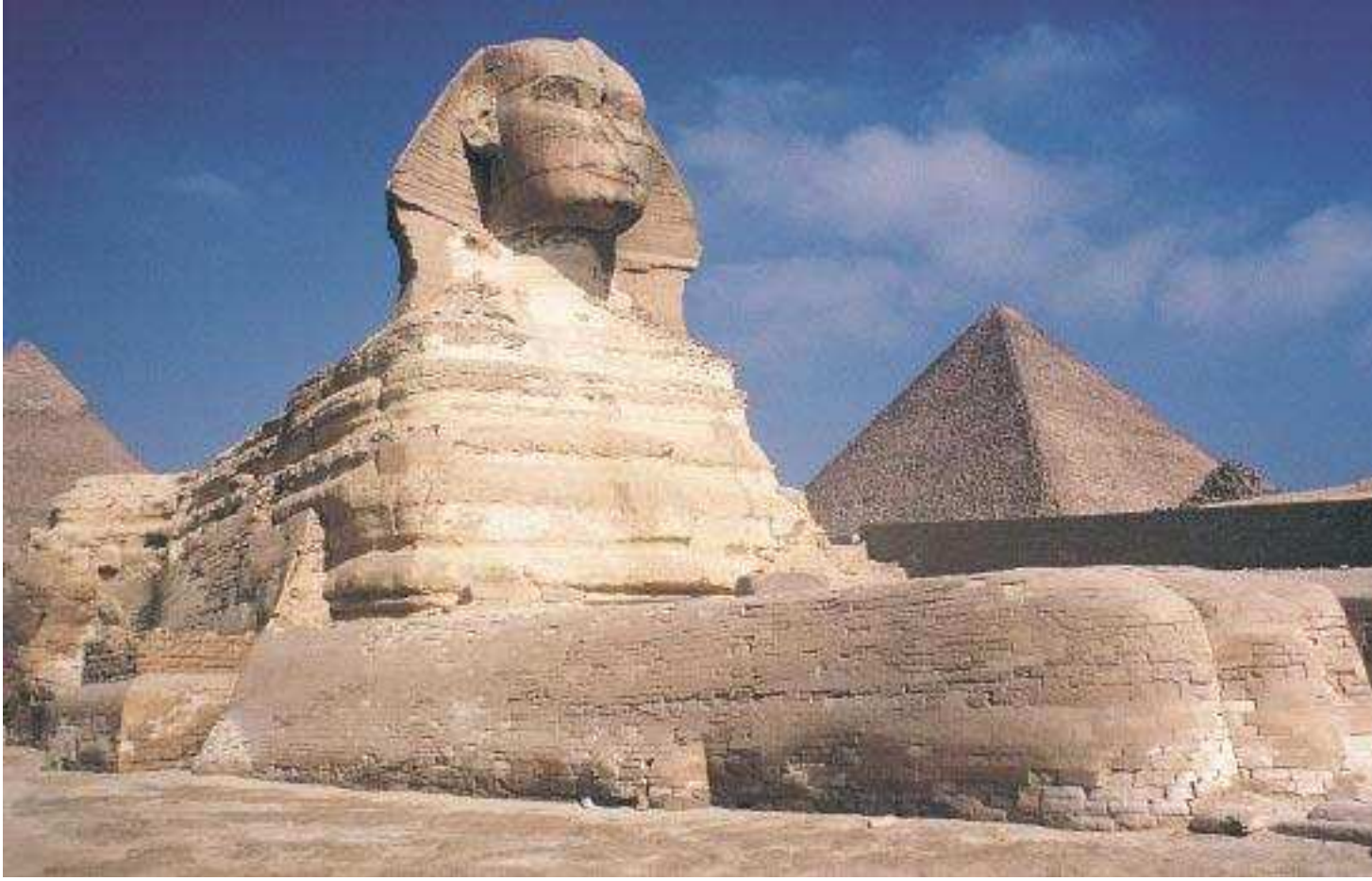
1. Preis: Refraktorteleskop

Bushnell Performance Optics 470 × 60-Zoom-Linsenfernrohr mit Sucherteleskop und 2,5fach-Barlowlinse im Wert von 210 €.

2. Preis: blauer Zwei-Zoll-Planetenfilter von B+W (Schneider-Kreuznach) im Wert von 30 €. Mit freundlicher Unterstützung von Astronomie-Service Bremen.

3.–5. Preis: je ein Exemplar »Der Schweif des Kometen, Irrtümer und Legenden über das Universum«. Von Neil F. Comins, DVA, Stuttgart 2002 im Wert von je 19,90 €.

Bitte schicken Sie das rot umrandete Lösungswort in einem Brief oder auf einer Postkarte an Spektrum der Wissenschaft, Leserservice, Stichwort »Astronomie Heute 1/2003«, Postfach 10 48 40, D-69038 Heidelberg. Einsendeschluss: 1. April 2003. Bei mehreren richtigen Lösungen entscheidet das Los. Der Rechtsweg ist ausgeschlossen.



ALLE FOTOS VON E. C. KRUPP

Das Blinzeln der Sphinx

Die Sphinx – die bekannte Steinlöwin im alten Ägypten – wurde zu Ehren der Sonne erbaut. Ihr menschliches Antlitz blickt zum gegenüberliegenden Nilufer.

>> E. C. Krupp

Mit versteinertem Blick starrt die große ägyptische Sphinx seit rund 4500 Jahren gen Osten. Sollte sie jemals blinzeln, so wäre es wohl im März oder September, wenn die Sonne zur Tag-und-Nacht-Gleiche aufgeht und die Strahlen direkt in ihre steinernen Augen fallen. Die mit den Maßen 73 × 10 × 20 Metern (L × B × H) sehr gewaltige Skulptur wurde aus dem gewachsenen Fels eines natürlichen Kalksteinaufschlusses gehauen. Sie liegt in Gizeh in unmittelbarer Nähe der Pyramiden und stellt einen wachsamen Löwen mit Menschenkopf dar. Eine Deutung ihres zwitterhaften Charakters wird beim Blick auf die Sternkarte des Monats März deutlich. Das Fabelwesen soll die symbolische Verschmelzung der Sternbilder Leo und Virgo, also des Löwen und der Jungfrau darstellen, die beide im Frühjahr am Osthimmel aufgehen.

In seinem Buch »Star Names and Their Meanings« (1899) erklärt Richard Hinckley Allen, dass die Sphinx mit »dem Kopf der Jungfrau und dem Körper des Löwen erschaffen wurde, weil die Sonne während der jährlichen Nilüberschwemmung durch diese beiden Sternbilder wandert«. Zwar räumt Allen ein, die Ägyptologen hätten Einwände gegen seine simple astronomische Deutung, trotzdem unterstreicht sie die mythische Beziehung des Sternbilds mit der Sonne im alten Ägypten.

Dank überlieferter Texte aus dieser Zeit wissen wir heute, dass die Sphinx Haremachet (Horus im Horizont) die göttliche Personifizierung der aufgehenden Sonnenscheibe am Osthorizont repräsentiert. Die Sphinx steht also für die rituelle Bedeutung der Haupthimmelsrichtungen in der Periode des Alten Königreichs (2686–2181 v. Chr.), denn sie ist bewusst entlang der östlichen Hauptachse ausgerichtet. Diese Richtungen haben ihren Ursprung in der täglichen Drehung des Himmels um den Himmelspol, ein Ort von entscheidendem Interesse für die alten Ägypter. Die gesamte Grabanlage von Gizeh folgt dabei der Ausrichtung eines exakten Gitters (Kardinalnetz).

Man sagt, die Sphinx sei der wachsame Hüter des Friedhofs von Gizeh, aber ihr Name und ihre Ostorientierung spiegeln sowohl ägyptische Vorstellungen von periodischer himmlischer Erneuerung als auch ihre Verbindung zum göttlichen Schicksal des toten Pharaos wider.

Im Gegensatz zur heutigen Berühmtheit blieb die Sphinx in antiken Quellen oft unerwähnt. So sah Herodot zwar die Pyramiden auf seiner Ägyptenreise im 5. Jahrhundert v. Chr., doch sind von ihm zur Sphinx kein Äußerungen überliefert. Diodorus Siculus, ein anderer griechischer Geschichtsschreiber, berichtete ebenfalls über Ägypten, jedoch nichts über die steinerne Löwin. Auf dem Foto ist links ein Zipfel der Chephren-Pyramide zu sehen.

Manche Indizien sprechen für die These, dass ihr Gesicht ein Porträt des Pharaos Chephren, Sohn des Khufu, sei. Khufu, ebenfalls Pharao, wurde unter seinem griechischen Namen Cheops als Erbauer der großen Pyramide bekannt.

Die Chephren-Pyramide ist die zweitgrößte in Gizeh. Der Verbindungsdamm zwischen Chephrens Totentempel auf der Ostseite und dem Taltempel verläuft neben der Sphinx – eine architektonische Klammer, die seinen Anspruch auf den Löwen untermauert.

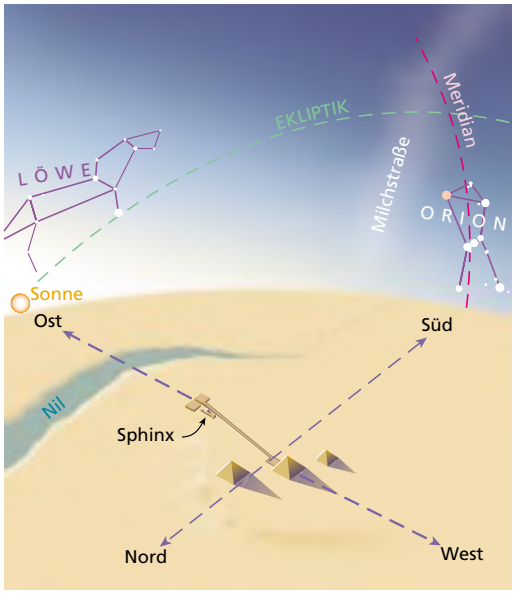
Symbol der Macht

Die Seiten des Sphinx-Tempels sind wie die meisten Gebäude in Gizeh sorgfältig nach den Haupthimmelsrichtungen ausgerichtet. Zwei Kultstätten auf seiner Hauptachse, die eine östlich, die andere westlich gelegen, unterstreichen den Bezug zum Sonnenauf- und -untergang während der Tag-und-Nacht-Gleiche. Vom Tempel aus besteht freie Sicht nach Westen. Links dieser Achse liegt die Südflanke der Sphinx, rechts die Chephren-Pyramide. Dazwischen ist eine Aussparung zur Beobachtung des Sonnenuntergangs während der Tag-und-Nacht-Gleiche. Dort berührt die Sonne den Horizont an der Südecke der Chephren-Pyramide und verstärkt so den Bund des Pharaos mit der Sphinx.

Astronomische und kalendarische Bezüge wurden im inneren Säulengang des Sphinx-Tempels gefunden: Seine 24 Säulen aus rotem Granit symbolisieren die 24 Stunden des Tages.

Die meisten Indizien bringen die Errichtung der Sphinx mit Chephren in Verbindung. Der Ägyptologe Mark Lehner vermutet jedoch, ihr Zweck liege in einer Darstellung Atums, der Sonnengestalt des Schöpfers. Spätestens seit dem Neuen Königreich (1570–1070 v. Chr.) glaubten die ägyptischen Pharaonen, die Sphinx sei ein Sonnengott und gaben ihr entsprechende Namen. Der Löwe als ein Jäger am Ende der Nahrungskette war von je her ein Symbol der Macht und wurde bereits lange vor den Pyramiden von Gizeh mit dem Königtum gleichgesetzt. Wenn die Sphinx also für Chephren stand, so stützt das auch dessen Verehrung als Sonnengott.

Die astronomische Deutung der Monumente, zu denen auch die Sphinx gehört, stimmt mit allem überein, was aus Religion und Machtsymbolik des alten Ägypten bekannt ist. Eine andere astronomische Interpretation wird von Graham Hancock und Robert Bauval vertreten. Beide haben sich als Buchautoren mit gewagten Deutungen der Antike hervorgetan. Bauval ist Mitautor des Buchs »The Orion Mystery« (1994), das die drei wichtigsten Pyramiden in Gizeh als Abbild der drei Gürtelsterne des himmlischen Jägers Orion interpretiert. Bei mehreren Gelegenheiten habe ich diese Behauptung entkräftet, darunter in »Skywatchers, Shamans & Kings« (1996), in Vorlesungen und in Fernsehbeiträgen. Für einen Moment wollen wir uns trotzdem gedanklich auf diese aus meiner Sicht falsche Annahme einlassen und Hancocks und Bauvals Argumentation in ihrem Buch »The Message of the Sphinx« (1996) überprüfen.



Nach Hancock und Bauval zeigen die wichtigsten Bauwerke der Ebene von Gizeh den Himmel bei Sonnenaufgang zur Tag-und-Nacht-Gleiche um das Jahr 10 500 v. Chr.: Die im Frühlingspunkt befindliche Sonne steht im Löwen und Orion überquert zu Sonnenaufgang den Meridian. Die Sphinx entspräche dann dem Sternbild Löwe, der Nil der Milchstraße und die drei Pyramiden von Gizeh dem Gürtel des Orion. Die Sphinx befindet sich nach dieser Deutung dann auf der falschen Flussseite.

Sie beharren darin auf ihrer These, die Landschaft von Gizeh spiegele den Himmel wider. Dabei setzen sie die Sphinx mit dem Löwen gleich und vergleichen den Nil mit der Milchstraße am Himmel. Fest entschlossen, die Gürtelsterne des >

Ein der Sphinx geweihter Tempel wurde direkt vor ihr errichtet. Die Verbindungslinie zweier gegenüberliegender Nischen auf der Ost- und Westseite des Tempels weisen zur Zeit der Tag-und-Nacht-Gleiche auf den Sonnenauf- bzw. -untergang. Auf diesem Foto blickt man von der östlichen Nische zur westlichen am linken Bildrand (markiert durch den roten Pfeil).

Die ägyptische Astronomie umfasste ursprünglich nicht die uns heute vertrauten Sternzeichen. Der links abgebildete Tierkreis von Dendera wurde dagegen schon von der griechisch-römischen Tradition beeinflusst. Auf ihm ist der Löwe im unteren Bildteil zu sehen. Die obere Bildmitte zeigt eine Figur, die einem Besen ähnelt. Rechts davon findet sich als kleine geschwungene Gestalt ein Katzenwesen (Pfeil): Das ist der Löwe, der bereits auf frühen ägyptischen Abbildungen der nördlichen Sternbilder in Polnähe erscheint.

> Orion mit den Pyramiden in Verbindung zu bringen, verkünden sie, diese Abbildung des ägyptischen Himmels am Boden könne nicht aus dem Jahr 2500 v. Chr. stammen. Ihre Argumentation lautet: Unter der Annahme, die Sphinx solle zum Aufgang der Sonne gen Frühlingspunkt blicken, besitzen sowohl der Löwe als auch der Himmelsjäger Orion die falsche Orientierung. Sie spiegelten also nicht die himmlischen Verhältnisse jener Epoche wider, die mit der Schöpfungszeit der ägyptischen Mythen zusammenfielen.

Löwe ist nicht gleich Löwe

Wenn die an der Tag-und-Nacht-Gleiche ausgerichtete Sphinx aber den Löwen repräsentiert, dann sollte die Sonne im Frühlingspunkt auch in diesem Sternbild stehen. Tatsächlich stand die Sonne im Jahr 2500 v. Chr. aber im Sternbild Stier. Der Himmelsjäger Orion sollte gerade dann die Mittagslinie – den Meridian – durchlaufen, wenn unter dem steinernen Blick der Sphinx im Frühlingspunkt die Sonne aufgeht. Hancock und Bauval begründen dies mit der angeblich symbolischen Übereinstimmung der Gürtelsterne mit den Pyramiden und dem nach Süden weisenden Schacht der Königskammer der Großen Pyramide. Dieser weise – so die Autoren – auf Orion, wenn er die Mittagslinie am Südhimmel überquere. Doch um 2500 v. Chr. befand sich das Sternbild Orion am entsprechenden Frühlingstag zum Sonnenaufgang noch östlich des Meridians.

Nach Hanckock und Bauval muss diese »falsche« Darstellung des Himmels korrigiert werden: Durch eine Rückdatierung in die Zeit 10500 v. Chr. verschieben sie die betroffenen Sternbilder präzessionsbedingt an die gewünschten Stellen des Himmels. Zu diesem Zeitpunkt befand sich die Sonne im Frühlingspunkt im Löwen und Orion überquerte bei Sonnenaufgang den Meridian. Gemeinsam mit Verfechtern von Außenseiterpositionen, die einen Zusammenhang mit den Bewohnern des untergegangenen Kontinents Atlantis konstruieren, datierten Hancock und Bauval die Sphinx so mit astronomischen Mitteln ins Jahr 10500 v. Chr. zurück. Zur Stützung ihrer Hypothese erinnern die beiden an den ägyptischen Dendera-Tierkreis, eine kreisförmige Relief-Darstellung der Sternbilder, die einst die Decke des Hathor-Tempels in Dendera zierte. Das heute im Pariser Louvre ausgestellte Relief zeigt ägyptische Versionen der zwölf Tierkreiszeichen – darunter auch den Löwen.

Trotzdem beweist Dendera nicht, dass Sphinx und Löwe identisch sind. Tatsächlich war das Tierkreiszeichen Löwe im antiken Ägypten gar kein Sternbild. Wir finden es lediglich in der Ptolemäischen Epoche (ab 332 v. Chr.) und in der zweiten Hälfte des ersten vorchristlichen Jahrhunderts, als der Dendera-Tempel erbaut wurde. Das war aber lange nach dem Zeitalter der Pyramiden, ganz zu schweigen von der Zeit 10500 v. Chr.

Zwar schmückt ein Löwen-Sternbild auch die astronomischen Gebäudedecken der Pharaonengräber der Zeit des Neuen Königreichs, doch ist dieser Löwe mit dem heutigen Sternbild nicht identisch. Er gehört zur nördlichen Gruppe der ursprünglichen ägyptischen Sternbilder. Die Gemälde zeigen einen hockenden Löwen in der Nähe des Sternbilds Großer Wagen. Das gleiche Tier erscheint auch neben dem Bein des Stiers, das die Sterne des Großen Wagens repräsentiert.

Unser Verständnis der frühen ägyptischen Astronomie ist heute gut genug, um zu erkennen, dass die Ägypter den Tierkreis nicht so verstanden haben, wie er uns heute erscheint. Vielmehr ist er ein Erbe der Griechen, seine Ursprünge reichen bis in die Zeit der mesopotamischen Sternkunde zurück.

Das Buch »The Message of the Sphinx« enthält noch einen weiteren Übertragungsfehler: Orion liegt am Himmel westlich der Milchstraße. Auf der anderen, der östlichen Seite hat der Löwe seinen Platz und blickt zum Himmelsjäger Orion hinüber. In der ägyptischen Realität befindet sich die Sphinx als irdisches Pendant des Löwen aber auf der Westseite des Nils, ebenso wie die Pyramiden, die angeblich die Gürtelsterne des Orion symbolisieren. Sie blickt auch nicht zu den Pyramiden, sondern genau in die entgegengesetzte Richtung.

Man muss kein Ägyptologe sein, um zu erkennen, dass es kein Orion-Rätsel und keine 12000 Jahre alte Botschaft der Sphinx gibt. Vielleicht muss man manchmal nur – wie eine Sphinx – scharfsinnig fragen. <<

E. C. Krupp ist Direktor des Griffith Observatory in Los Angeles und schreibt regelmäßig für ASTRONOMIE HEUTE.

KLEINANZEIGEN

ASTRONOMIE HEUTE-Abonnenten können private Kleinanzeigen mit insgesamt bis zu fünf Zeilen pro Ausgabe kostenlos schalten. Bei Einsendung von Kleinanzeigen bitte stets Ihre Kundennummer angeben, die Sie Ihrer Abonnement-Rechnung oder dem Adressträgerblatt entnehmen können. Bitte beachten Sie: Ist der verfügbare Platz in einer Ausgabe vergeben, behält sich die Redaktion das Recht vor, später eintreffende Anzeigen in die nächstverfügbare Ausgabe zu verschieben.

Für Nicht-Abonnenten gelten folgende Preise:

Anzahl Zeilen	**priv. Kleinanz.**	**gewerbl. Kleinanz.**
bis zu 3 Zeilen	22,– €	45,– €
jede weitere Zeile	5,– €	8,– €

Bitte senden Sie Ihre Kleinanzeige an:
Herrn Karsten Kramarczik, Spektrum der Wissenschaft, Slevogtstr. 3–5, D-69126 Heidelberg. Fax: (06221) 9126-716. E-Mail: kramarczik@spektrum.com. Einsendeschluss: Sechs Wochen vor Erscheinen. Ist der verfügbare Platz vergeben, so erfolgt der Abdruck im nächsten Heft. Eine Zeile enthält durchschnittlich fünfzig Zeichen. Alle Preise zuzüglich gesetzlicher Mehrwertsteuer. Die Grundgebühr pro Anzeige ist bereits eingerechnet. Gleichzeitig erhalten Sie einen Eintrag in unsere Online-Kleinanzeigendatenbank (www.astronomie-heute.de) für mindestens vier Wochen.

ANZEIGE

ANZEIGE

ANZEIGE

VORSCHAU

Den Geheimnissen der Spiralgalaxien sind zahlreiche Astronomen weltweit auf der Spur. Einige beobachten mit den größten Teleskopen der Erde, andere mit Weltraumobservatorien. Theoretiker simulieren die Dynamik von Galaxien dagegen mit den schnellsten Supercomputern der Welt.

Krupps Corner: In jeder Sekunde bombardiert uns die Sonne mit unzähligen hochenergetischen Teilchen, die in hohen Breiten ein wahres Feuerwerk entfachen.

Nächstes Heft ab 16. April

Testreport: Die amerikanische Firma Meade hat eine neue Reihe von Spiegelteleskopen mit 15-, 20- und 25-cm-Öffnung auf den Markt gebracht. Lesen Sie im nächsten Heft das Wichtigste über die brandneuen LXD55-Schmidt-Newton-Teleskope.

Newcomer: Interview mit Stefanie Komossa, Trägerin des Ludwig-Biermann-Preises 2002 der Astronomischen Gesellschaft

Aus urheberrechtlichen Gründen können wir Ihnen die Bilder leider nicht online zeigen.

IMPRESSUM

Chefredakteur: Dr. habil. Reinhard Breuer (v.i.S.d.P.)
Redaktion: Dr. Oliver Dreissigacker, Stephan Fichtner
Art Director/Layout: Karsten Kramarczik
Produktentwicklung: Dr. Carsten Könneker
Schlussredaktion: Christina Peiberg, Sigrid Spies
Bildredaktion: Alice Krüßmann, Gabriela Rabe
Redaktionsassistenz: Eva Kahlmann, Ursula Wessels
Redaktionsanschrift: Postfach 10 48 40, D-69038 Heidelberg
Tel.: (06221) 9126-711; Fax: (06221) 9126- 29
Übersetzungen in diesem Heft: Dr. Ulf Borgeest, Dr. Thorsten Dambeck, Thilo Körkel, Stephen Koszudowski, Susanne Lindauer, Monika Maintz, Dr. Dörte Mehlert, Rolf Paspirgilis, Dr. Rainer Riemann, Dr. Cecilia Scorza de Appl, Peter Strub, Ralph Wondraschek.
Herstellung: Natalie Schäfer, Tel.: (06221) 9126-733
Marketing: Annette Baumbusch (Ltg.), Tel.: (06221) 9126-741;
E-Mail: marketing@spektrum.com
Einzelverkauf: Anke Walter (Ltg.), Tel. (06221) 9126-744
Verlag: Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH,
Postfach 10 48 40, D-69038 Heidelberg
Hausanschrift: Slevogtstraße 3–5, D-69126 Heidelberg,
Tel.: (06221) 9126-600, Fax: (06221) 9126-729

Geschäftsleitung: Dean Sanderson, Markus Bossle
Leser-Service: Tel.: (06221) 9126-743,
E-Mail: marketing@spektrum.com
Vertrieb und Abonnementverwaltung: Spektrum der Wissenschaft, Boschstraße 12, D-69469 Weinheim, Tel.: (06201) 606150,
Fax: (06201) 606194
Bezugspreise: Einzelheft: € 6,50, Jahresabonnement Inland (6 Ausgaben): € 34,80, Jahresabonnement Ausland: € 37,80, Jahresabonnement Studenten Inland (gegen Studiennachweis): € 30,00, Jahresabonnement Studenten Ausland (gegen Studiennachweis): € 33,00. Zahlung sofort nach Rechnungserhalt. Konten: Deutsche Bank, Weinheim, 58 36 43 202 (BLZ 670 700 10); Postbank Karlsruhe 13 34 72 759 (BLZ 660 100 75). Die Mitglieder der Vereinigung der Sternenfreunde e.V. erhalten die Zeitschrift ASTRONOMIE HEUTE zum gesonderten Mitgliedsbezugspreis.
Anzeigen / Druckunterlagen: VMS Limperg Verlags- & MedienService, Sudetenstraße 16, D-63486 Bruchköbel; Tel.: (06181) 72904;
Fax: (06181) 72984; E-Mail: f.limperg@limperg.de
Anzeigenpreise: Zurzeit gilt die Anzeigenpreisliste Nr. 1 vom Dezember 2002.
Gesamtherstellung: Westermann Druck GmbH, D-38104 Braunschweig

© Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH, D-69126 Heidelberg.
Kein Teil dieser Zeitschrift darf ohne schriftliche Genehmigung des Verlages reproduziert oder in eine von Datenverarbeitungsmaschinen verwendbare Form oder Sprache übertragen oder übersetzt werden. Für unaufgefordert eingesandte Manuskripte und Bücher übernimmt die Redaktion keine Haftung; sie behält sich vor, Leserbriefe zu kürzen.

ISSN 1610-8728
http://www.astronomie-heute.de

Sky Publishing Corporation,
49 Bay State Road, Cambridge, MA 02138-1200
Editor in Chief: Richard Tresch Fienberg, Ph.D.
Marketing Director: Marcy L. Dill
President/Publisher: Susan B. Lit

Die Übersichts- und Ausschnittssternkarten in der Rubrik »Planetarium« wurden mit Software und Designelementen von Roger W. Sinnott und Steven Simpson erstellt.

Wir übernehmen keine Haftung für die Inhalte externer Internet-Seiten. Für den Inhalt der angegebenen Seiten sind ausschließlich deren